

SAKMANÝ GÖRÖG

KERÁMIÁK ARCHEOMETRIAI VIZSGÁLATA – KÖZETTANI ÉS GEOKÉMIAI MÓDSZEREK

1. BEVEZETÉS

A kerámialeletek a régészeti ásatásokon a legnagyobb mennyiségben előkerülő leletanyagot alkotják. Régészeti alapon történő feldolgozásuk hosszú időre nyúlik vissza, az eredmények a régészeti korbeosztások alapjául is szolgálnak. Archeometriai szempontú, vagyis természettudományos – elsősorban ásványtani, közettani és geokémiai – módszerekkel történő vizsgálatuk azonban világszerte is csak a 20. század második felében kezdett fellendülni, és különösen a múlt század utolsó negyedében fejlődött rohamléptékben. Magyarországon az elmúlt 8–10 évben bontakozott ki és kezdett elterjedni számottevő mértékben a kerámia archeometriai vizsgálata, amely segítségével elsősorban a felhasznált nyersanyagra és a készítési technológiára kaphatunk információkat. Miután a kerámia archeometriai vizsgálati módszerei és az azokból kapható eredmények felhasználhatósága a hazai tudományos közeletben még nem igazán ismertek széles körben, ezért munkánkkal ezt az ismeretanyagot kívánjuk közelebb hozni elsősorban a régészekhez, illetve azokhoz, akik régészeti leletekkel foglalkoznak. Ez a munka elsősorban a kerámia vizsgálatok archeometriai módszerei közül a közettani és geokémiai feldolgozást tárgyalja magyarországi – elsősorban őskori – példák, esettanulmányokon keresztül, és nem tér ki részletesen az ásványtani (röntgenpordiffrakciós) vizsgálatokra.¹ A honfoglalás kori kerámiaon történő alkalmazását két, ugyanebben a kötetben szereplő munka tárgyalja.²

2. A KERÁMIÁK ÖSSZETEVŐI

A kerámia mesterséges metamorf (metaüledékes) kőzetnek tekinthető. Természetes, illetve természetes eredetű, alapvetően plasztikus (képlékeny) agyagból és nem plasztikus törmelék szemcsékből (soványító anyagból) áll, amelyet a gyártás során közepes-magas hőmérsékleten kiégettek.

A nyersanyag nagy részét a plasztikus agyag alkotja, amely a kiégetés során jelentősen átalakul. Az agyag

kiválasztása nagy gondossággal kellett történn, hiszen a kerámia anyagát döntően ez alkotja, és tulajdonságai messzemenően kihatnak mind a készítésre, mind arra, hogy milyen minőségű edényt sikerül készíteni a nyersanyagból. Számos esetben több, különböző típusú agyag keverékét használták. A nem plasztikus anyagot alkotó elegyreszek elnevezése, megítélése már vitás lehet. Maggetti minden, 15 µm feletti méretű nem plasztikus elegyreszt soványító anyagnak tekintett, függetlenül attól, hogy az szándékos soványítás révén került-e bele a kerámiába, vagy a plasztikus agyag természetes módon tartalmazta azt.³ Ugyanakkor azonban a 15 µm feletti nem plasztikus elegyreszek eredete kétféle lehet: vagy az agyagban eredetileg is meglévő nagyobb méretű ásvány- és kőzettörmelékek alkotják, vagy a fazekas által a plasztikus anyagba szándékosan belekevert soványító anyag. Maggetti értelmezése kétség kívül a kerámia leírásának szempontjából egyszerűbb, mert a mikroszkópos meghatározás első lépéseként csak rögzítenünk kell a 15 µm feletti szemcseméretű anyag jelenlétét, és csak később, az egyéb tulajdonságok, szempontok figyelembevételével mérlegelhetjük, hogy vajon természetes vagy mesterséges úton került bele a kerámia nyersanyagába. Ugyanakkor azonban a régészeket elsősorban az érdekli, hogy az adott kerámiát szándékosan soványították-e, és ha igen, akkor mivel; tehát ebben az esetben soványító anyagnak szerencsésebb csak a mesterséges úton a kerámia nyersanyagába juttatott anyagot tekinteni. Ebben az esetben az összes nem plasztikus anyagot törmelék szemcsének nevezzük, és ebbe beleértjük egyrészt mindazokat a szemcséket, amelyek a plasztikus nyersanyagban eredetileg is megvoltak, másrészt pedig a szándékosan, a fazekas által mesterségesen hozzákevert soványító anyagokat is. Mindemellett a kerámiaiban a nem plasztikus elegyreszek szerepe egyértelműen a plasztikus anyag „fellazítása”, annak érdekében, hogy a kerámia szárítása és kiégetése egyenletesebb legyen, ezáltal ne repedezzen meg, illetve ne törjön össze a kerámia ezen műveletek során.

A soványító anyagok típusai nagyon változatosak lehetnek. Leggyakoribbak a különféle ásvány- és

1 Megjegyzés: a munka a 2006 februárjában, Debrecenben, a „Sötét idők falvai” című konferencián tartott előadás alapján készült, így anyagában az akkori állapotot tükrözi. Az azóta eltelt időben a magyarországi kerámia archeometriai vizsgálata rohamléptékkel fejlődött, ezek eredményeit azonban csak ott építettük bele cikkünkbe, ahol az akkor már elkezdődött munkák azóta befejeződtek vagy új publikációk jelentek meg belőlük.

2 Lásd Szilágyi Veronika jelen kötetben megjelent cikkei (SZILÁGYI 2013a; SZILÁGYI 2013b).

3 MAGGETTI 1982.

kőzettörmelékek, a homok (ritkábban a nagyméretű, vastag falú edények esetében az apró kavics), valamint a különböző szerves anyagok. Ez utóbbiak között – főleg a kezdeti időkben – elterjedt a növényi soványító anyag használata,⁴ de vannak utalások arra is, hogy csontot használtak soványító anyagként.⁵ Ezen túlmenően korábbi, összetört kerámiák (*grog*) is gyakran kerülnek soványító anyagként a kerámiakészítés során az alapanyagba.

A kerámiák anyagában jelentős szerepet játszanak a pórusok is, amelyek részben eredeti, részben a kiégetés során képződött másodlagosan kialakult hézagok-likacsok. Méretük, alakjuk és mennyiségük rendkívül változatos, és gyakran jellemző egy adott műhely, esetenként korszak kerámiáira.

Sok kerámián figyelhetünk meg a külső részén vékonyabb-vastagabb szegélyt, amely elsősorban színében üt el a belső részeketől. Eredetét tekintve lehet csak színében eltérő, a kerámia anyagával teljesen azonos külső sáv, köszönhetően a kiégetési és hőntartási folyamatok oxidációs-redukciós viszonyainak, de e sáv lehet mesterséges eredetű máz (vagy szlip) is, amelyik a kerámia nyersanyagához közel hasonló, de finomabb szemcsés anyagból áll, esetleg teljesen eltérő összetételű bevonat formájában került a kerámiára [1. ábra].



1. kép A kerámiák összetevői (Vörs, Starčevo kultúra, neolitikus kerámia) [fotó: Gherdán Katalin]

Egy konkrét kerámialelet története hosszú, többlépcsős folyamat a nyersanyag kibányászásától az edénygyártáson, a használaton át a kerámiaedény eltöréséig (tönkremeneteléig), majd néhány száz vagy ezer év talajban töltött esztendő után az ásatáson történő előkerüléséig, mely folyamatok során fizikai, kémiai, ásványtani (esetenként biológiai) változásokon megy át az anyag. Ez a talált kerámialelet ásványos és kémiai összetételére, belső szerkezetére (szövetére), porozitására és fizikai tulajdonságaira egyaránt hatással van.⁶

3. A KERÁMIÁK ANYAGVIZSGÁLATI MÓDSZEREI

A kerámiák természettudományos módszerekkel történő vizsgálata manapság már igen elterjedt, és napról napra új módszerek bevetésével egyre bővül. Miután azonban a kerámiák – mint láttuk – mesterséges metaüledékes kőzetek, a legalapvetőbb vizsgálati módszereik megegyeznek a finomszemcsés törmelékes üledékes kőzetek és a metamorf kőzetek vizsgálati módszereivel, ezek alapvetően a petrográfiai és a röntgen-pordiffrakciós vizsgálatok, amelyeket kémiai elemzések egészítenek ki. Természetesen az ásványtanban, kőzettanban és geokémiában használatos egyéb nagyműszeres vizsgálatok (pl. elektron-mikroszkopos ásványkémiai vizsgálatok, pásztázó elektronmikroszkopos vizsgálatok stb.) a fent említett alapvizsgálatok eredményeit hatásosan pontosíthatják, illetve kiegészíthetik. A vizsgálati módszerek áttekintését kétféle szempontot kiemelve az 1. és 2. táblázatok mutatják be.

3.1. Petrográfia

A petrográfia a kerámiák szabad szemmel történő (makroszkopos) és polarizációs (petrográfiai) mikroszkopos vizsgálatának, leírásának módszere. Ez utóbbi roncsolásos vizsgálat, ugyanis ehhez preparátumot, vékonycsiszolatot kell készítenünk. A minta-előkészítés során a kerámiából, legtöbbször annak keresztmetszete mentén gyémántbetétes vágókoronggal ellátott vágógéppel – vízöblítés mellett – 3–5 mm vastagságú lemezt vágunk. Egyes, víz hatására morzsolódó vagy széteső kerámiákat szárazon is vághatunk. A levágott szeletet egyre finomabb csiszolóporon (anyaga 9-es keménységű szilícium-karbid) megcsiszoljuk, majd tárgylemezre ragasztjuk. A ragasztóanyag a korábbi időkben kanadabalzsam volt, újabban műgyantával végezzük el a ragasztást. Ez utóbbi hátránya, hogy egyes típusai erősen kettőtörők, vagyis nem teljesen izotróp anyagként viselkednek mikroszkóp alatt, ami az egyes ásványok mikroszkopos azonosítását megnehezíti, ezért nem minden műgyanta felel meg csiszolatkészítéshez. Amennyiben a kerámia erősen porózus vagy széteső, a ragasztás előtt célszerű kanadabalzsamba befőzni vagy műgyantába beönteni. A ragasztó megkötése után a felragasztott kerámiát 30 µm vékonyságúra lecsiszoljuk, majd vékony fedőlemezrel lefedjük vagy polírozzuk. Az így elkészült vékonycsiszolatot a kőzettani vizsgálatok során elterjedt átesőfényes, polarizációs mikroszkóppal vizsgáljuk.

4 SZAKMÁNY ET AL. 2005; STARNINI ET AL. 2007.

5 BONZON 2005.

6 MAGGETTI 1982.

A kőzetek makroszkópos leírása során a szabad szemmel, illetve kézi nagyítóval látható tulajdonságok, „közvetlen szemmel” történő meghatározására és leírására kerül sor. Ennek során rögzítenünk kell a kerámia színét, látható elegyrészeit, azok mennyiségét, eloszlását, az esetleges porozitást és a szöveti tulajdonságokat (pl. irányítottság, tömörség, szemcseméret-eloszlás stb.). A makroszkópos leírást szükség és lehetőség szerint sztereómikroszkópos vizsgálattal is kiegészíthetjük.

A petrográfiai mikroszkópos vizsgálatok során a makroszkópos közhathatározásnál nagyságrenddel jobb felbontásban (általában 50–400-szoros, jobb mikroszkópok esetében maximum 600–800-szoros nagyításban) vizsgálhatjuk a kerámiákat, vagyis láthatóvá és – optikai tulajdonságaik alapján – meghatározhatóvá válnak elsősorban a kerámiák soványító anyagát alkotó elegyrészek, így a kerámiák nyersanyagáról kaphatunk új ismereteket. A mikroszkóp alatt elkülöníthetők a törmelékeny elegyrészeket alkotó ásványok, közettörmelékek, ha vannak ősmaradványok, valamint az egyéb alkotók, mint például a növénymaradványok, illetve ezek hidratált kovássav (opál) anyagú maradványai: a fitolitok. Nagyon fontos a pórusok mennyiségének, eloszlásának, alakjának rögzítése is, jóllehet a teljes porozitási viszonyok jellemzésére a mikroszkópos vizsgálatok nem elegendőek,⁷ de hasznosak lehetnek a lassú, illetve gyorskorongon készült kerámiák elkülönítésében is.⁸ A munka során az elegyrészek és a pórusok pontos meghatározása, leírása mellett figyelemmel kell lenni ezek mennyiségi eloszlására is, ennek meghatározását térfogatszázalékos kiméréssel vagy pontszámlálós módszerrel végezhetjük. Az elegyrészek, pórusok anyagi leírásán túlmenően alapvető fontosságúak a szöveti vizsgálatok is, mert ezekkel a kerámiák készítésének technológiájára kapunk értékes információkat. Ennek során vizsgáljuk a kerámiák színét egy és keresztezett nikollokkal, a színváltozást a kerámia keresztmetszetén keresztül, a soványító anyag szemcséinek mennyiségi, méretbeli eloszlását, a szemcsék koptatottságát, az átalakulási viszonyokat. Különösen a nagy hőmérsékleten kiégetett kerámiákban bekövetkező változások (egyes ásványok eltűnése, új ásványok keletkezése, részleges vagy teljes üvegesedés a mátrixban) adhat fontos információkat a gyártási technológiára vonatkozóan. Megfigyelhetjük egyrészt a kerámia alapanyagának homogenitását, illetve inhomogenitását és a szövet irányítottságát, ami

szintén a felhasznált nyersanyagokra, illetve a kerámiák készítésének technológiájára utalhat, másrészt a nagyon kisméretű (<15 µm) nem plasztikus szemcsék mennyiségi eloszlását, amely az agyag „tisztaságát” (kövérségét, illetve soványosságát) mutatja. A petrográfiai vizsgálatok során láthatóvá válnak a későbbi hatások (használat, betemetődés) során képződött másodlagos ásványok és azok szöveti megjelenése. A szöveti vizsgálatokról egy korábbi munkában már részletesen beszámoltunk,⁹ ezért azt itt nem részletezzük. Ugyancsak megfigyelhető a mikroszkópos vizsgálatok során a kerámiák – gyakran szabad szemmel is láthatóan eltérő – szegélye. Ennek során megállapítható, hogy a legtöbbször eltérő színű szegély csak a kiégetés során fellépő oxidációs-redukációs körülmények változása révén alakult ki, vagy a kerámiakészítés valamelyik fázisában a kerámia szegélyét valamilyen más összetételű anyaggal vonták be, sőt esetleg azt rá is égették. Ezzel kapcsolatban néhány konkrétumot a dolgozat második felében mutatok be.

A petrográfiai vizsgálatok során tehát meghatározható, illetve azonosítható a felhasznált nyersanyagok közül a soványító anyag, aminek ezáltal többé-kevésbé pontosan lehatárolható lehet a származási helye. Ezen túlmenően a gyártástechnológiai viszonyokra, valamint a használati és betemetődési viszonyokra is értékes információk nyerhetők. Mindez bizonyítja, hogy a petrográfia a kerámiák vizsgálati módszerei közül a legalapvetőbb, ennek elvégzése feltétlenül szükséges egy leletegyüttes feldolgozása során.

Nagyszámú kerámia petrográfiai elemzése során egy leletegyüttes kerámiái összetételük alapján csoportosíthatók, illetve más, hasonló korú leletegyüttesekkel összevethetők. Ugyanígy egy lelőhely több periódust átívelő leletegyüttese esetében megfigyelhető, hogy milyen egyezések vagy eltérések vannak a különböző korban létrehozott kerámiák készítési körülményei között. Ugyancsak kiszűrhetők egy adott lelőhelyen az idegen anyagú kerámiák, amennyiben azok törmelékeny összetevői között olyan különleges elegyrész található, amelyik nem fordul elő a többi kerámia anyagában, illetve a környéken. Ugyancsak lényegesek a petrográfiai vizsgálatok abból a szempontból, hogy ezek alapján válogathatók ki a későbbi, műszeres vizsgálatok számára a legmegfelelőbb minták, illetve a későbbi vizsgálatok eredményeinek értelmezése is sokkal megbízhatóbb, ha azokat összevetjük a petrográfiai vizsgálatok eredményeivel.

7 MAGGETTI-SCHWAB 1982.

8 COURTY-ROUX 1995.

9 SZAKMÁNY 1998.

3.2. Röntgen-pordiffrakciós vizsgálatok

A röntgen-pordiffrakciós vizsgálatok (XRD) egyrészt a kerámiák nagyon finomszemcsés, agyagos nyersanyagára vonatkozóan szolgáltatnak információt, másrészt a kerámia kiégetési hőmérsékletére adhatnak többé-kevésbé pontos adatokat, továbbá a másodlagos, használat közbeni, de még inkább betemetődés során történt átalakulások is nyomozhatók ezzel a módszerrel. A fentiek alapján kiderül, hogy ez a módszer nagyon jól kiegészíti a petrográfiai vizsgálatokat, mivel elsősorban a polarizációs mikroszkóppal már kevésbé jól vizsgálható nagyon finomszemcsés mátrixról, valamint az általában szintén nagyon finomszemcsés másodlagos fázisokról szolgáltat ismereteket. Természetesen a módszer a kerámiában megtalálható nagyobb méretű törmelékszemcséket is kimutatja, de azokról – a korábbi fejezetben leírtak szerint – a petrográfiai vizsgálatok részletesebb és pontosabb képet adnak. A vizsgálathoz átlagosan 10 mg (2–20 mg), finomra, de azért nem lisztfinomságúra porított átlagminta szükséges, vagyis ez is roncsolásos vizsgálat. Újabban azonban már kifejlesztették a roncsolásmentesen, a vizsgált anyag felületén mérő és azt látható módon nem károsító röntgendiffraktométert is, aminek segítségével ép kerámiák is vizsgálhatók.

3.3. Kémiai összetétel

A kerámiák kémiai összetételének vizsgálata szintén jelentős múltra tekint vissza. Széleskörűen azonban csak az elmúlt évtizedekben, különösen az elmúlt években terjedt el. A legkorábbi időkben csaknem kizárólag neutronaktivációs analízissel (NAA vagy INAA) vizsgálták a kerámiákat, nagyszámú vizsgálati adat matematikai statisztikai módszerrel történő feldolgozását végezték.¹⁰ Újabban az NAA elemzések mellett a röntgen-fluoreszcens (XRF) elemzés is elterjedt, mert ezzel a módszerrel nagy pontossággal az összes főelem és számos olyan nyomelem is meghatározható, amely NAA-val nem mutatható ki. Ugyancsak elterjedőben van az ICP AES + ICP MS módszerrel történő kémiai elemzés kerámiák esetében is, amely a főelemek mellett a legtöbb nyomelem nagy pontosságú kimutatására alkalmas módszer. A fent említett kémiai elemzések roncsolásos módszerek, azokhoz a kerámiából változó mennyiségű (INAA: 20 mg–1 g; ICP AES + ICP MS: 1,5–2 g; XRF: 1,5–2 g minimálisan) lisztfinomra porított minta szükséges, de ahhoz, hogy a minta homogén legyen és kellőképp reprezentálja a vizsgálandó kerámia összetételét – a

törmeléken alkotórészek méretétől függően – esetenként a fentieknél lényegesen több minta is szükséges lehet. Nem árt tudni, hogy sok, akkreditált nemzetközi laboratórium a fenti okok miatt, az egyes módszerektől függően, minimálisan 5–10 g mintamennyiség alatt nem is vállalja az elemzést.

Legújabbán prompt gamma aktivációs analízissel (PGAA) is megkezdődött a kerámiák kémiai elemzése, amely módszernek rendkívül nagy előnye, hogy teljesen roncsolásmentes, így ép műtárgyakról is szolgáltathat kémiai összetételi adatokat.¹¹ Ezzel elsősorban a főelemek és néhány nyomelem mellett a más módszerekkel nem, vagy csak nehezen kimutatható bór elemzése is lehetséges, ez utóbbi a jövőben új lehetőségeket nyithat a kerámiák elemzési eredményeinek értelmezésében. Ugyancsak az elmúlt években az XRF módszernek is kifejlesztették a roncsolásmentes mérési technikáját is. Ez még nem éri el a „hagyományos” XRF mérések pontosságát, és jelenleg még kevesebb nyomelem kimutatására is alkalmas, de a gyors fejlődés hatására évről-évre pontosabb eredmények várhatóak ezzel a módszerrel.¹²

A kémiai elemzések a kerámiák teljes anyagáról szolgáltatnak adatokat. Az elemzési eredmények értelmezését azonban megfelelő körültekintéssel kell végezni, ugyanis egyes nyomelemekben gazdag elegyrészek (amfibol, piroxén, magmás közettörmelékek) jelentősen befolyásolhatják az elemi összetételt, tehát a mintaelőkészítés során a minták megfelelő mennyiségére és homogenizálására törekedni kell.

3.4. Egyéb vizsgálatok

A fentiekben bemutatott „alapvizsgálatokon” túlmenően a kerámiákat számos természettudományos módszerrel vizsgálták és vizsgálják. A továbbiakban ezekből mutatok be néhányat.

A pásztázó (*scanning*) elektronmikroszkópos vizsgálatok (SEM) a polarizációs mikroszkópos vizsgálatok jó kiegészítését jelenthetik, mivel annál közel egy nagyságrenddel jobb felbontásban vizsgálhatók a minták. A SEM segítségével nagyobb felbontásban tanulmányozhatóak a petrográfiai vizsgálatok során a mikroszkóp felbontási határán, illetve az alatti mérettartományban előforduló szubmikroszkópikus szemcsék. Különösen hasznos, ha a SEM vizsgálatokat elektron-mikroszondás ásványkémiai vizsgálatokkal együtt végezzük. Ekkor ugyanis nemcsak a kerámia készítése vagy utóélete során lezajló folyamatokra következtethetünk, hanem módunk van a kémiai

10 PL. BALLA 1981; MOMMSEN 2001.

11 KASZTOVSZKY ET AL. 2004.

12 TAUBALD–T. BÍRÓ 2005.

összetétel változásának nyomon követésére is. Ennek a vizsgálatnak nagy jelentősége van a kiégetési folyamatok során történő ásványátalakulási folyamatoknak, illetve az anyag plasztikussá válásának hatására létrejött ártrendeződés és az üvegesedés kialakulásának részletes nyomon követésében, s ezáltal a kiégetési-hőntartási hőmérséklet becslésében.¹³ A SEM ugyancsak jelentős eredményeket szolgáltat a másodlagos átalakulások vizsgálatában is. Elektron-mikroszkopos ásványkémiai vizsgálatokat a soványító anyag egyes olyan jellemző szemcséin is végezhetünk, amelyek kémiai összetételének meghatározása segíthet bennünket a szándékosan bekevert soványító anyag nyersanyag-lelőhelyének meghatározásában. A SEM vizsgálatokat legtöbbször közvetlenül a minta felszínén végezzük, az elektron-mikroszkopos vizsgálatokhoz pedig polírozott felületű vékonycsiszolatok szükségesek. Mindkét vizsgálat során a minta felületét vékony vezetőréteggel (szénnel vagy arannyal) kell bevonni. A SEM és az elektron-mikroszkopos vizsgálatok sok előnye mellett egyik hátrányuk a módszer drágasága.

A mikromineralógiai vizsgálatok viszonylag kevésbé elterjedtek kerámiák anyagvizsgálatában, de ahol eddig alkalmazták, ott jelentős eredmények születtek a soványító anyag származási helyének lehatárolása, meghatározása, illetve egyes kerámiák azonos vagy külön csoportba tartozásának tekintetében.¹⁴ Különösen a finomkerámiák esetében hasznos módszer, amelyekben nem, vagy csak ritkán fordulnak elő a nyersanyag származási helyére konkrétan utaló törmelékszemcsék. A módszer hátránya, hogy a vizsgált kerámiából is általában nagy mennyiségű (minimálisan 20–30 g, esetenként még több) mintaanyag összetörésére és további szeparálására van szükség, ami sok esetben nem kivitelezhető.

A petrográfiai elemzéseket kiegészítő katódlumineszcencia még nem igazán elterjedt vizsgálati módszer a kerámiák, és különösen a magyarországi kerámiák tekintetében. Hazánkban eddig Bajnóczi Bernadett és munkatársai alkalmazták kora középkori, zalavári kerámiák vizsgálata során.¹⁵ Ugyanakkor azonban éppen olyan területek kerámiáinak elkülönítésében adhat segítséget a petrográfiai módszer kiegészítéseként, amelyek viszonylag kis hőmérsékleten (600–700 °C) kerültek kiégetésre, és amelyben uralkodóan vagy szinte kizárólag kvarc, földpátok, illetve karbonátok fordulnak elő. Ilyen a magyarországi síkvidékek

nagyrészt őskori és kora középkori kerámiáinak döntő többsége. Ugyanis a fent felsorolt ásványoknak az eltérő földtani képződményekből való származása, amit az összetételbeli különbségek (pl. a karbonátok esetében), illetve a kationokat kis mennyiségben helyettesítő nyomelemek okoznak, katódlumineszcens fényben eltérő színben jelentkezik. Vagyis ugyanannak az ásványnak az eltérő eredetű típusai, amelyek petrográfiai mikroszkópban azonosnak mutatkoznak, ezzel a módszerrel elkülöníthetők. Emellett a módszer nagyon hasznos a kerámiamintákat ért utólagos hatások (mállás, oldatáramlás stb.) kimutatására is. A katódlumineszcencia további előnye az egyes szöveti elemek hangsúlyozottabb megjelenítése. Egyes soványító anyagok (grog, közettörmelék, bioklasztok) eltérő lumineszcens színük miatt ugyanis a környezetből jobban kitűnnek.¹⁶

A Mössbauer spektroszkópiai vizsgálatok elsősorban a kiégetés körülményeinek rekonstrukcióját hivatottak pontosabbá tenni a kerámiákban előforduló vas-oxid, vas-hidroxid, vas-oxid-hidroxid, illetve a vastartalmú szilikátásványok pontos meghatározásával.

A vizsgálatok a kerámiában, illetőleg a benne előforduló ásványokban levő vas oxidációs állapotának változására és annak meghatározására irányulnak, erre gyakorlatilag ez a módszer az egyik legmegfelelőbb. Ezzel együtt további, a vasásványok szerkezetére, koordinációs állapotaira vonatkozó ismeretanyagot is szerezhetünk ezzel a vizsgálattal, ami a kiégetés és hőntartás hőmérsékletére, vagyis a kerámiák technológiai viszonyaira vonatkozóan szolgáltat fontos információkat. A módszer hátránya az igen magas költsége, és hogy a másodlagos folyamatok során bekövetkező oxidációs-redukciós változások ronthatják az eredmény pontosságát.

Az elmúlt években rohamosan nőtt azoknak a vizsgálati módszereknek a száma, amelyek során egy-egy nagyműszer segítségével speciális fizikai vagy kémiai vizsgálatot végeznek egy-egy kerámia mintasorozaton. Az, hogy ezek közül a módszerek közül melyik lesz sikeres, a jövő dönti majd el. Mindenesetre meg kell jegyezni, hogy ezekkel a modern módszerekkel történő vizsgálatoknak kizárólag akkor van értelme, ha azokat a korábban ismertett hagyományos módszerekkel együtt végzik, ugyanis csak ezek segítségével értelmezhetők megbízhatóan a kapott eredmények.

13 CULTRONE ET AL. 2001.

14 PL. SAUER 1997; MANGE-BEZECZKY 2006; MANGE-BEZECZKY 2007.

15 BAJNÓCZI ET AL. 2005.

16 BAJNÓCZI ET AL. 2005.

4. KERÁMIÁK ARCHEOMETRIAI (ELSŐSORBAN PETROGRÁFIAI) VIZSGÁLATA MAGYARORSZÁGON

Ahogy a bevezetőben említettük, Magyarországon a kerámiák archeometriai céllal történő petrográfiai feldolgozása és vizsgálata az elmúlt 10 évben bontakozott ki jelentősen, noha a 19. század utolsó harmadában Szabó József, a neves geológusprofesszor már petrográfiai leírást végzett az Aggteleki-barlangban talált neolitikus-vaskori kerámiák feldolgozása során.¹⁷ Bohn Péter az 1960-as évek elején a Tabánban fellelt kelta edénytöredékek vizsgálata során alkalmazott vékonycsiszolatos elemzéseket.¹⁸ Az 1980-as évek elején-közepén jelentős számú római kori amfora vékonycsiszolatos petrográfiai és röntgen-pordiffrakciós elemzése egészítette ki a régészeti feldolgozást,¹⁹ a mintaanyag egy jelentős részén a későbbiek során mikromineralógiai feldolgozás is történt.²⁰ A múlt század 90-es éveitől kezdve néhány jelentős, elsősorban őskori (neolitikus, rézkori, bronzkori és vaskori) lelőhelyről származó mintákon történtek archeometriai (elsősorban petrográfiai módszerekkel végzett) vizsgálatok, amelyek eredményei szakcikkek formájában már részben megjelentek, vagy olyan diplomamunkák, illetve doktori értekezések témáját képezik, amelyek publikálása részben már megtörtént, vagy folyamatban van, esetleg a közeljövőben várható a megjelenése.²¹ A középkori kerámiák közül az É-magyarországi 10. századi kerámiák archeometriai vizsgálatával Szilágyi Veronika foglalkozik,²² továbbá Herold Hajnalka vizsgált ugyanebből a korszakból számos dunántúli lelőhelyről kerámiákat, amelynek során archeometriai vizsgálatokra is sor került.²³ Külön érdemes megemlíteni, hogy Gherdán Katalin 2009-ben beadott és 2010-ben sikeresen megvédett doktori munkájában Vörsön egy sokperiódusú lelőhely kerámiáinak archeometriai feldolgozását végezte el a neolitikumtól a római korig.²⁴

A téma bővítéseként már az 1960-as években római kori téglák,²⁵ majd a 2000-es évek elejétől pedig paticcsok²⁶ archeometriai, ezen belül nagyrészt petrográfiai vizsgálata is történt, illetve folyamatban van. Nemzetközi (magyar-olasz, valamint magyar-német) együttműködés

keretében pedig több lelőhelyről nem csak a kerámiák és a paticcsok, hanem a potenciális nyersanyagot jelentő helyi üledékek komplex archeometriai feldolgozása is folyik több – elsősorban őskori – lelőhelyen.

A magyarországi leletanyagokban előforduló kerámiák 2007-ig történt archeometriai vizsgálati eredményeit legutóbb Szakmány foglalta össze.²⁷

5. MAGYARORSZÁGI KERÁMIÁKON VÉGZETT PETROGRÁFIAI ALKALMAZÁSOK

A továbbiakban a magyarországi kerámiák leggyakrabban előforduló nem plasztikus, törmelékes elegyrészeit mutatom be, továbbá néhány konkrét példán szeretném bemutatni a petrográfiai vizsgálat használhatóságát elsősorban őskori kerámiákon.

5.1. Nem plasztikus (törmelékes elegyrészek, soványító anyag) összetevők

A kerámiák többféle természetes eredetű, nem plasztikus törmeléket (soványító anyagot) tartalmazhatnak (lásd korábban), ezek közül az ásvány- és kőzettörmelékek azok, amelyeket petrográfiai elemzések során részletesen vizsgálhatunk, de a többi soványító anyag-féleség is jól kimutatható/felismerhető ezzel a módszerrel. Ásvány- és kőzettörmelékek összetört kőzetekből vagy homok hozzáadásával kerülhetnek a kerámiák anyagába, de sok esetben az agyagok természetes úton is tartalmazhatnak ilyen típusú elegyrészeket. Ezek eredetének elkülönítése azonban nem mindig egyértelmű (lásd alább). A finomkerámiákban elsősorban ásványtöredékeket találunk, míg a durvakerámiákban nagyobb eséllyel fordulnak elő kőzettörmelékek. Ez utóbbiak a nyersanyag származási területének lehatárolása, meghatározása céljából több lehetőséget hordoznak. Magyarországi kerámiák esetében a hegyvidéki és ahhoz közel eső területek kivételével elsősorban ásványtörmelékkel találkozhatunk a kerámialeletek anyagában, miután a geológiai folyamatok révén a kőzettörmelékek a hosszabb szállítás révén szétessenek, és a szóba jöhető nyersanyagként

17 Vö. NYÁRY 1881.

18 BOHN 1964.

19 JÓZSA-SZAKMÁNY 1987; WEISZBURG-PAPP 1987; JÓZSA ET AL. 1994.

20 MANGE-BEZECZKY 2006; MANGE-BEZECZKY 2007.

21 SZAKMÁNY 1996; GHERDÁN 1999; SZAKMÁNY-KUSTÁR 2000; SZAKMÁNY 2001; GHERDÁN ET AL. 2002; SZAKMÁNY ET AL. 2004; GHERDÁN ET AL. 2004; SZAKMÁNY ET AL. 2005; KREITER 2005; HARANGI 2006.

22 SZILÁGYI 2004; SZILÁGYI ET AL. 2004; SZILÁGYI 2013a; SZILÁGYI 2013b, ebben a kötetben.

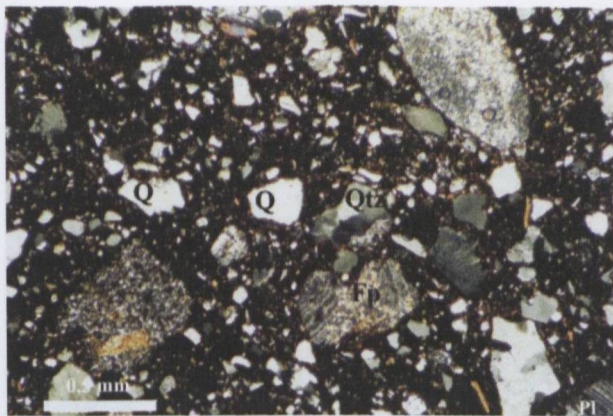
23 HEROLD 2002.

24 GHERDÁN 2009.

25 BOHN 1962.

26 KOVÁCS 2005a, 2005b; STARNINI-SZAKMÁNY 2008; STARNINI-SZAKMÁNY 2009.

27 SZAKMÁNY 2008.

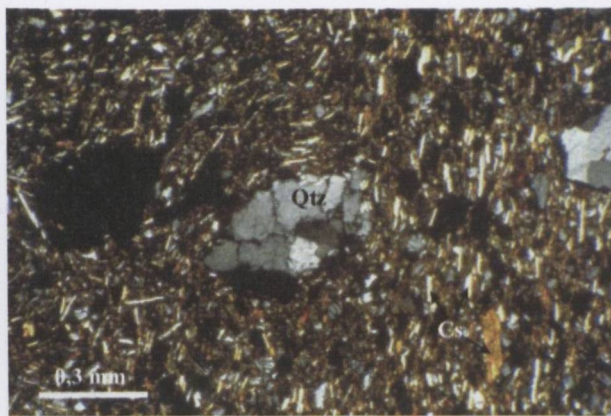


2. kép Monokristályos kvarc (Q), polikristályos kvarc (Qtz), átalakult kálföldpát (Fp) és plagioklász (Pl) neolitikus kerámiában (Zseliz kultúra, Szécsény) [+ Nikol]

előforduló helyi üledékek a Pannon-medence belsejében gyakorlatilag szinte csak ásványtörmeléből állnak. Ezen belül is viszonylag nagy területeken hasonló ásványos összetételű üledékekkel találkozhatunk, amelyek uralkodó elegyrészei a kvarc és a csillámok. Sok esetben kevés földpát (illetve azok átalakulási termékei) is előfordulnak. A kis mennyiségben előforduló úgynevezett akcesszórius elegyrészek (nehézasványok) helyileg eltérő összetételben egészíthetik ki az ásványegyüttest. A hegységperemeken a környező hegységek közettörmelékei, illetve azok aprózódással széttesett ásványai jelentős számban fordulhatnak elő a helyi üledékekben, ami jobban elősegítheti a nyersanyag származási helyének pontosabb meghatározását.

Magyarországi kerámiákban a leggyakrabban előforduló ásványtörmelék a kvarc. Uralkodóan önálló ásványszemcsékként előforduló monokristályos, valamint – kisebb mennyiségben – több, összenőtt kvarckristályból álló polikristályos (kvarcit) formában találkozhatunk ezzel az elegyrésszel a kerámiák nyersanyagában. A monokristályos kvarc hullámos (metamorf és sok savanyú mélységi magmás, pl. gránit) és nem hullámos kioltású (nagyraest vulkanit eredetű) változata gyakran egy kerámián belül együtt is előfordul. A polikristályos kvarcok között mind metamorf vagy intruzív eredetű kőzetekből származó durvakristályos kvarcitok, mind finomszemcsés mikrokvarcitok (limnokvarcit, tűzkő stb.) előfordulnak [2–3. kép]. A különböző eredetű kvarcok elkülönítése polarizációs mikroszkópban nehézségekbe ütközik, gyakran nem lehetséges. A katódlumineszcens vizsgálatok a jövőben ehhez jelentős segítséget nyújthatnak (lásd korábban).

A földpátok a kvarcnál általában jóval kisebb mennyiségben találhatóak a magyarországi fiatal üledékekben, és így a belőlük készült kerámiákban is. Ennek oka az, hogy az ásványcsoport tagjai a kvarcnál

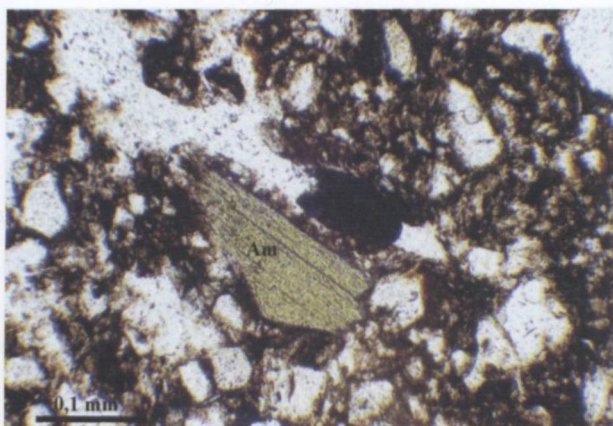


3. kép Polikristályos kvarc (Qtz), és sok, nagyrészt irányított muszkovit csillám (Cs) római kori mécsesben (Szőny) [+ Nikol]

jóval kevésbé ellenállóak, a kémiai mállásra erőteljesen hajlamosak, valamint, hogy a jó hasadásuk miatt a földpát szemcsék könnyebben esnek szét kisebb részekre (és így nagyobb felületet alkotva könnyebben is mállanak) [2. kép]. Vulkanit, illetve gránitos hegységeink közelében azonban a helyi üledékekben feldúsulhatnak, és így a kerámiák is nagyobb mennyiségben tartalmazhatják ezeket. A földpátok közül a kálföldpátok valamivel ellenállóbbak, ezért gyakoribb elegyrészek a plagioklászoknál. A két földpát egymáshoz viszonyított aránya vagy az egyik hiánya azonban jó támpontot nyújthat a felhasznált nyersanyag eredetéről.

A csillámok nagyon sok kerámiában előforduló elegyrészek, miután a nyersanyagként szóba jöhető agyag (aleuritos agyag) több-kevesebb csillámot tartalmazhat. Általában a szintelen muszkovit, illetve ennek finomszemcsés változata, a szericit fordul elő a kerámiákban, de a biotit is viszonylag gyakori elegyrész lehet [3. kép]. Ez utóbbi ásvány azonban vastartalmánál fogva – elsősorban oxidatív égetési viszonyok között – könnyen átalakulhat, és gyakran vörösesbarna limonit-hematit átalakulási termék figyelhető meg az egykori biotit helyén. Sok esetben a biotit még azelőtt elveszíti vastartalmát, mielőtt a kerámiakészítés során nyersanyagként felhasználásra kerülne, ekkor a muszkovithoz hasonlóan szintelen lesz. Ez elsősorban folyóvízi üledékekre jellemző, de ez az átalakulás talajosodás során is gyakran végbemegy. A kerámiákban előforduló fenti folyamatok során teljesen kifakult biotit muszkovittól való elkülönítése mikroszkóp alatt nem lehetséges.

Kerámiákban ritkák, de esetenként nagyon jellegzetesek és jellemzőek a mindig csak nagyon kis mennyiségben előforduló akcesszórius ásványtörmelékek (vagy úgynevezett nehézasványok). Összmennyiségük az összes törmelék szemcséhez



4. kép Amfibol neolitikus kerámiában
(Körös kultúra, Szarvas) [1 Nikol]



5. kép Talkpala törmelék vaskori kerámiában
(Vaskeresztes) [+ Nikol]

viszonyítva ritkán haladja meg a 2–3%-ot, de gyakran csak néhány szemcse vagy még annyi sem fordul elő egy-egy vékonycsiszolatban, mindemellett ezek legtöbbször nagyon kis méretű elegyrészek (15–100 μm). Ezeknek az ásványoknak a kis mennyiségét az okozza, hogy eleve kevés fordul elő a nyersanyagban is. Egyes mállásnak ellenálló ásványfajták (pl. cirkon, turmalin, rutil stb.) általános elterjedésűek, ezekhez tartozik még a zoizit-klinozoizit, néha a gránát és az apatit is. Ezek a Pannon-medence belsejéből származó kerámiákban gyakran megtalálhatóak. Egyes nehézasvány típusok azonban azokhoz a területekhez közeli nyersanyagokban dúsulhatnak, amelyek közeli lepusztulási területekről származó kőzetekből kerültek ki. Ez utóbbiakhoz tartozhat például a piroxén vagy a hornblende (közönséges vagy zöld amfibol), amelyik szinte kizárólag vulkáni hegységek közelében elhelyezkedő nyersanyaglelőhelyeinken fordul elő jelentősebb mennyiségben. A kianit, epidot, illetve a zöld amfiboltól eltérő típusú amfibolok, vagy más, a területen előforduló egyéb ásványok pedig metamorf környezeteket jelezhetnek. Az akcesszóriák értelmezésénél arra is figyelemmel kell lenni, hogy azok a kerámiák nyersanyagául szolgáló agyagban (aleuritban) inhomogén eloszlásúak lehetnek, tehát ugyanarról a területről vagy nyersanyagból származó kerámiák esetében is észlelhetünk - elsősorban - mennyiségi különbséget ezeknél az ásványoknál. Ezért a vékonycsiszolatos petrográfiai elemzések esetében a kerámiákban előforduló akcesszóriákat mindig együttesen kell értékelni [4. kép]. Amennyiben a lehetőségek megengedik, az akcesszóriák részletes nehézasványos mikromineralógiai elemzésével a

hagyományos petrográfiai elemzéseknél lényegesen jobb eredményt érhetünk el (lásd korábban). Ezen túlmenően az akcesszóriák további elektron-mikroszondás ásványkémiai elemzése tovább pontosíthatja a szóba jöhető nyersanyagok származási területének lehatárolását.

Ahogy korábban már szó volt róla, elsősorban a durvakerámiákban, illetve a hegységekben vagy azokhoz közeli területek kerámiáiban, közettörmelékek is – esetenként jelentős mennyiségben – előfordulnak. A közettörmelékek sokkal jobban segítenek pontosabban lehatárolni azt a területet, ahonnan a kerámiák nyersanyaga származhat. Az alábbiakban néhány magyarországi – elsősorban őskori – példa következik, amelyekben a jellegzetes közettörmelékek uralkodó mennyiségben alkotják a kerámiák soványító anyagát.

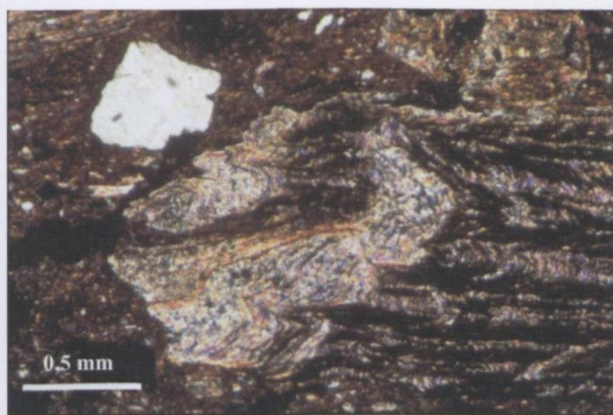
A Vaskeresztesen fellelt vaskori kerámiák egy jelentős részének jellegzetes soványító anyaga volt a helyi talkpala [5. kép].²⁸ Felsővadászon a Bükki kultúra egyes durvakerámiáiban akár 1 cm-es fillit, illetve az ehhez kapcsolódó kvarcitlencsék anyaga alkotja a soványító anyagot [6. kép].²⁹ A Bakonytól É-ra fekvő bronzkori és vaskori lelőhelyeken (Lovászpata, Vaszar stb.) a kerámiák nyersanyagában jelentős mennyiségben szerepelnek bazalttörmelékek, amelyek eredete feltehetően a közeli kisalföldi vulkáni területről származó bazaltos piroklasztitokból származhat [7. kép].³⁰ Egy Sé vaskori telepéről származó kerámiában ritkaságként koptatott gneisztörmelék található, ami arra utalt, hogy feltehetően áthalmazott üledéket használtak a kerámiák nyersanyagához, a gneisz feltehetően a Keleti-Alpok K-i nyúlványaiból származhatott [8. ábra].³¹ Jellegzetes andezites vulkanitot találunk Tiszalúc

28 GHERDÁN 1999.

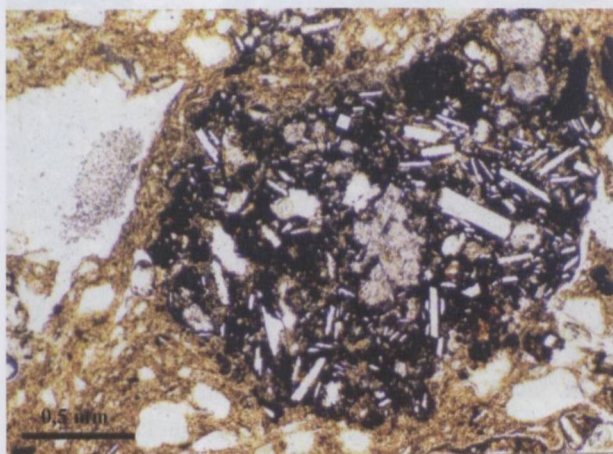
29 SZAKMÁNY 2001.

30 GHERDÁN 1999.

31 GHERDÁN 1999.



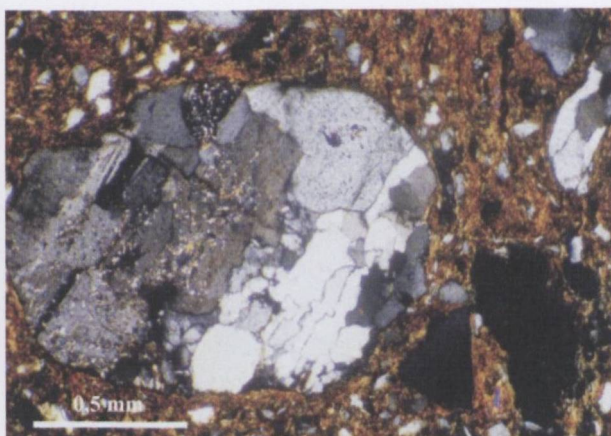
6. kép Fillit törmelék neolitikus kerámiában (Bükk kultúra, Felsővadász) [+ Nikol]



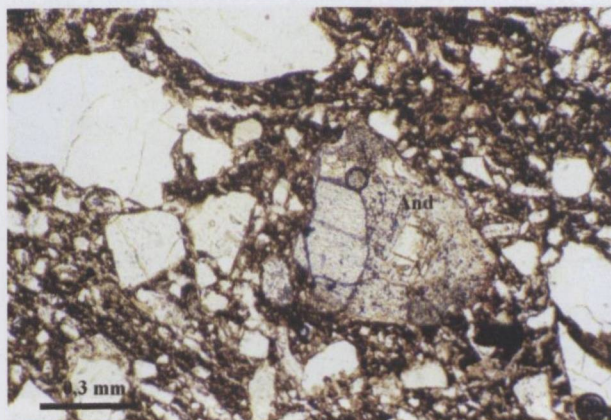
7. kép Bazalt törmelék vaskori kerámiában (Lóvaszpata) [1 Nikol]

egyik kerámiájában,³² illetve Szécsény-Ültetés középső neolitikus kori kerámiájában is [9. ábra].³³

Magyarországi viszonylatban gyakoriak azok a kerámiák, amelyek anyagában karbonát (mészkeő és/ vagy kalcit) törmelékeket, illetve ősmaradványokat találunk a soványító anyag között. Miután ezek az elegyrészek mintegy 900 °C-on teljesen elbomlanak, ezért ezek törmelék szemcsék formájában való jelenléte mindenképpen arra utal, hogy a kerámiák égetése ennél a hőmérsékletnél alacsonyabb hőfokon történt. A mészkeő- és kalcit szemcsék kis mérete, valamint amiatt, hogy Magyarországon a mészkeő az egyik leggyakoribb, nagy területeken előforduló üledékes kőzet, a karbonátos törmelékek pontos származási helye általában nem azonosítható, legtöbbször még a mészkeők típusát sem lehet pontosan meghatározni. Ritkán azonban, mint pl. Bicske-Galgonyás vonaldíszes neolitikus kerámiái



8. kép Gneisz törmelék vaskori kerámiában (Sé) [+ Nikol]



9. kép Piroxén fenokristályból és finomszemcsés alanyagból álló andezit törmelék (And) neolitikus kerámiában (Zseliz kultúra, Szécsény) [1 Nikol]

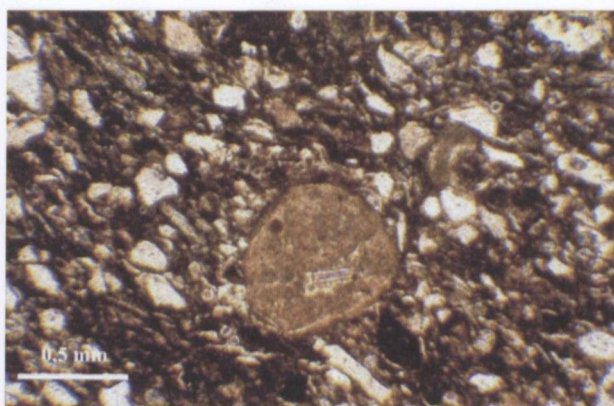
esetében a kovaszivacstűs mezozoos mészkeő eredet bizonyítható volt a mészkeőben (és a kerámiákban önállóan előforduló) kovaszivacstű alapján [10–11. kép].³⁴

Kerámiákban gyakran fordulnak elő az egykori nyersanyagban előforduló agyagos közettörmelékek (ARF), agyagpelletek, amelyek részben az eredeti nyersanyagban megtalálható agyagos konkréciók lehettek, részben kiszáradt vagy kiszáritott agyagtörmelékek, amelyeket legtöbbször szándékosan adagoltak a fazekasok a kerámiák nyersanyagához. Ezen túlmenően, ha a kerámia agyagos nyersanyagát kétféle agyag keverékből állították elő, és azok homogenizálása nem történt meg teljesen, akkor a kisebb mennyiségben előforduló, nem teljesen homogenizált elegyrészek is agyagos közettörmelékek formájában jelenhetnek meg a kerámia anyagában. Igen jelentős az egykori kerámiák összetört darabjaiból álló tört kerámiatöredék, másik nevén *grog*, amelynek jelenléte mindenképpen szándékos

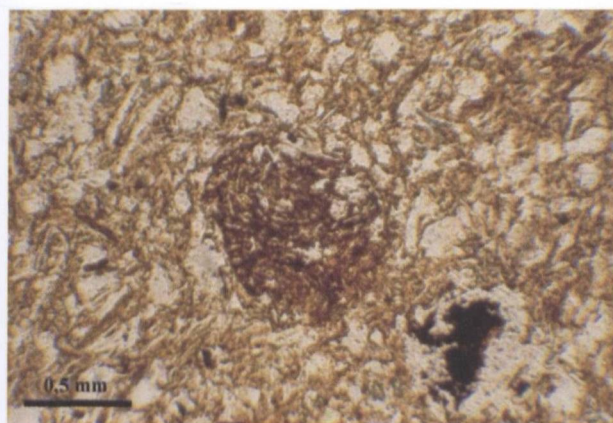
32 HARANGI 2006.

33 SZAKMÁNY *in press*.

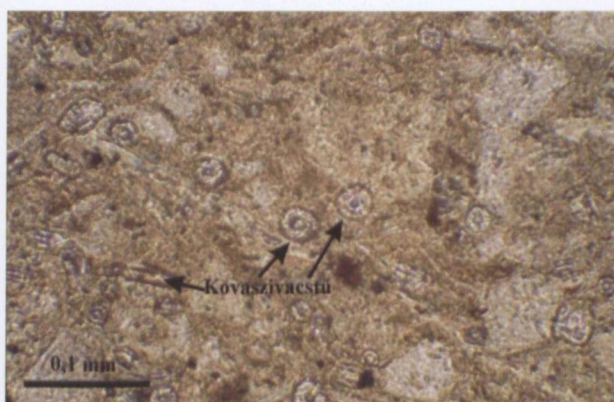
34 SZAKMÁNY 1996.



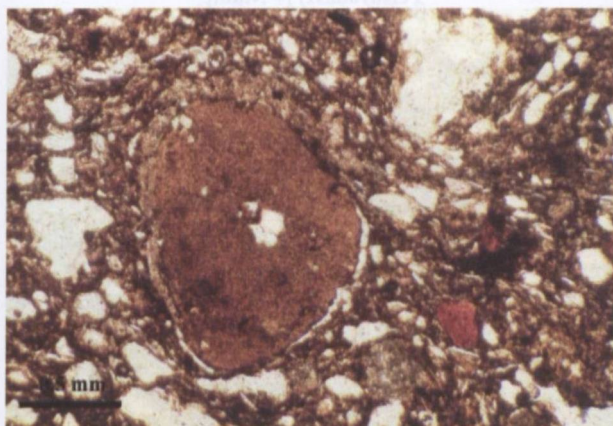
10. kép Mésző törmelék kovaszivacstüvel a szemcse közepén, neolitikus kerámiában (Sopot-Bicske kultúra, Bicske) [1 Nikol]



12. kép Agyagpellet római kori mécsesben (Szöny) [1 Nikol]



11. kép Kovaszivacstűk neolitikus kerámiában (Sopot-Bicske kultúra, Bicske) [1 Nikol]



13. kép Kerekded, tiszta agyagból álló agyagos közettörmelék bronzkori kerámiában (Felsővadász) [1 Nikol]

soványítást jelez. Ezek eredetének pontos meghatározása azonban sok esetben nehézségekbe ütközik, különösen az agyagos közettörmelékek és a grog egymástól való elkülönítése okozhat problémát.³⁵ Általánosságban azt mondhatjuk, hogy ha legömbölyített sarkokkal, éllel találkozunk, akkor nagy valószínűséggel agyagos közettörmelékeknek értelmezhetjük a szemcséket. Amennyiben éles, sarkos megjelenésű a törmelék, amelynek a környezetétől teljesen eltérő a színe, akkor nagy valószínűséggel groggal állunk szembe [12–14. kép]. Az eltérő anyagú, diffúz határral rendelkező elegyrészek szintén agyagos közettörmelékek lehetnek, esetleg agyagkeverésre utalhatnak.

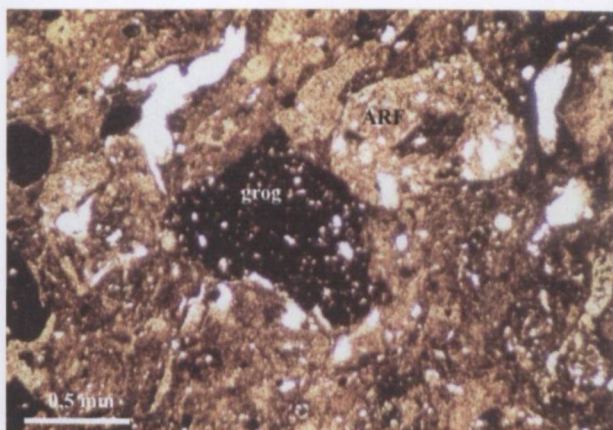
A nem ásvány- vagy közettörmelék eredetű soványító anyagok között kiemelt jelentősége van a növényi eredetű soványító anyagoknak. Ez a Kárpát-medencei kerámiák esetében különösen a korai neolitikumra volt jellemző. Például pelyvás soványítást tapasztalunk a kora neolitikus Körös kultúra kerámiáinál Szarvas és

Endrőd lelőhelyeken [15. kép]. A növénymaradványok a kiegészítés során általában teljesen eltűnnek a kerámia anyagából, csak a helyük marad meg, illetve – elsősorban a kis kiegészítési hőmérsékletű kerámiák esetében – a növényekben előforduló opál anyagú fitolit marad meg a pórusokban [16. kép].³⁶

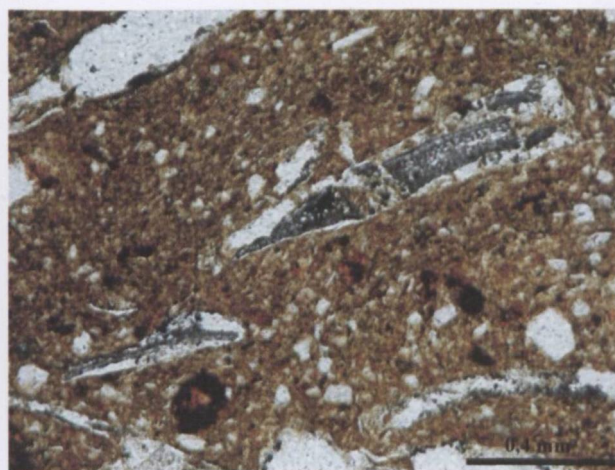
A nem plasztikus törmelékek, illetve a soványító anyag eredetére annak homogenitásából lehet a legtöbb esetben értékes következtetéseket levonni. Amennyiben a kerámiában előforduló törmelékanyag monomikt, vagyis gyakorlatilag egyféle összetételű anyagból áll, a nyersanyag nagy valószínűséggel hegyvidéki területről származó, helyi eredetű. A polimikt törmelékanyag, vagyis amelyben többféle törmelékszemcse keveredik, főleg ha azok különböző közeteredetre vezethetők vissza, nyersanyag keveredésre utal. Ez lehet természetes eredetű, amikor egy olyan völgyrendszer alsó szakaszáról származik a nyersanyag, amelybe különböző földtani felépítésű területekről származó üledékanyag kerül, és

³⁵ WHITBREAD 1986.

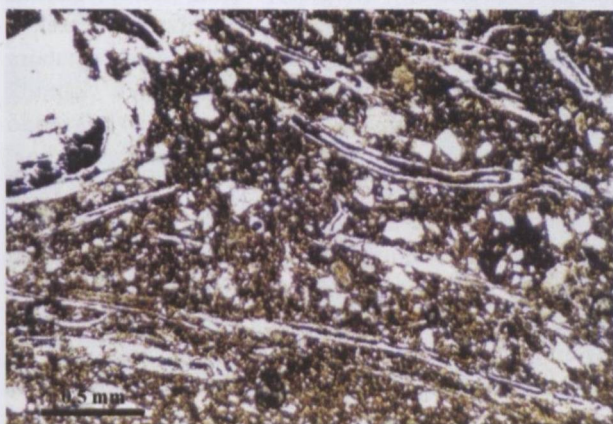
³⁶ STARNINI ET AL. 2007; SZAKMÁNY–STARNINI 2007.



14. kép Kerámiatöredék (grog), valamint agyagos közettörmelék (ARF) neolitikus kerámiában (Bükk kultúra, Felsővadász) [1 Nikol]



16. kép Fitolit neolitikus kerámiában (Körös kultúra, Szarvas) [1 Nikol]



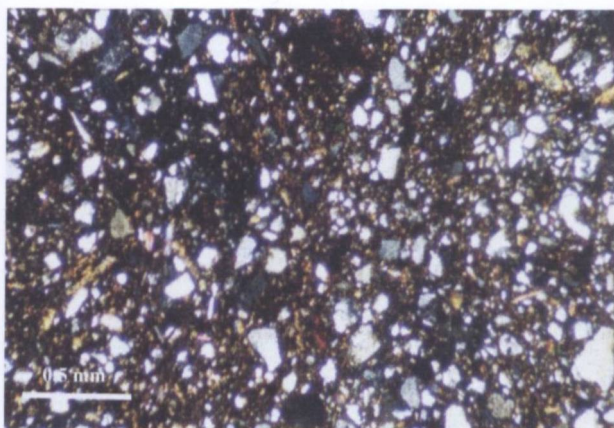
15. kép Pelyvával soványított neolitikus kerámia (Körös kultúra, Szarvas) [1 Nikol]

gyakran az anyag többszörösen áthalmozódik.³⁷ Ezen esetben gyakori, hogy – főleg a nagyobb méretű szemcsék – többé-kevésbé koptatódtak is. Magyarországon gyakorlatilag az összes síksági folyóvizünk ebbe a kategóriába tartozik. Ugyanakkor polimikt törmelékanyag utalhat különböző nyersanyagok szándékos összekeverésére is.

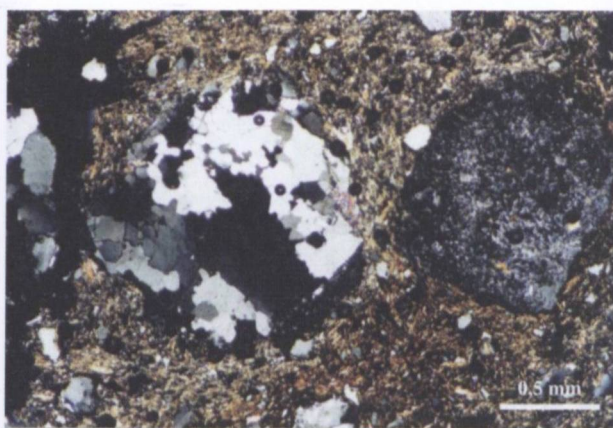
Összefoglalóan a kerámiák nem plasztikus, törmelékszemcséinek (soványító anyagának) vizsgálata során a mikroszkópban látható méretű és elkülöníthető szemcsék alapján egyrészt anyagi összetétel alapján vizsgálhatjuk a kerámiákat, másrészt a soványító anyag származásának azonosításáról kaphatunk alapinformációkat. Elsődleges cél lehet a kerámiák csoportosítása összetételük alapján. Gyakran már ez is rengeteg új információt adhat a régész számára, vagyis, hogy anyagában mennyire hasonlóak vagy eltérőek a régészetileg egy lelőhelyről származó, vagy éppenséggel a különböző területekről, esetleg korokból

származó kerámiák. A nyersanyag származási helyének azonosítása akkor lehet eredményes, ha a kerámiában van olyan jellemző ásvány vagy közettörmelék, esetleg ősmaradvány, amelyik egy adott területre jellemző (lásd a korábban felsorolt példákat), és az adott geológiai képződmény elterjedése lokális. Erre főleg a hegységi-hegységközeli területeken van lényegesen nagyobb esély, szemben egy olyan nagy kiterjedésű síkvidéki területtel, mint amilyen Magyarország területének nagy része. Mindenképpen ki kell hangsúlyoznunk, hogy a sikeres nyersanyaglelőhely azonosításhoz (vagy lehatároláshoz) nagy mennyiségű kerámiából készült petrográfiai vizsgálat szükséges (szintenként legalább 10–15, de nagy változatosság esetén ennél is több). Az azonosítás sikere függ az adott közet elterjedésétől. Minél szűkebb ez az elterjedés, annál inkább lehatárolható a feltételezett nyersanyaglelőhely. Mindemellett nem elhanyagolható a terület geológiai feldolgozottsági állapota sem, tehát, hogy mennyire részletesen ismert a vizsgált kerámiában előforduló ásványnak vagy közettípusnak az elterjedése és főbb jellemzői. A származási hely azonosítását tehát csak az adott terület földtanával, közettanával történt részletes egyeztetés alapján szabad megtenni. A soványító anyaggal kapcsolatos vizsgálatoknak egy másik fontos eredménye lehet a nem helyben készült, „idegen” anyagú kerámiák kimutatása. Amennyiben a lelőhely környezetében olyan kerámia fordul elő, amelynek nem plasztikus elegyrészei között a terület geológiai felépítése alapján idegen ásvány vagy közettörmelékek fordulnak elő, annak vagy az az oka, hogy a kerámia nem helyben készült, hanem import révén került a lelőhelyre, de az is előfordulhat, hogy a kerámia soványító anyagát alkotó közetet importálták, és annak anyagát használták fel a kerámiák soványítására.

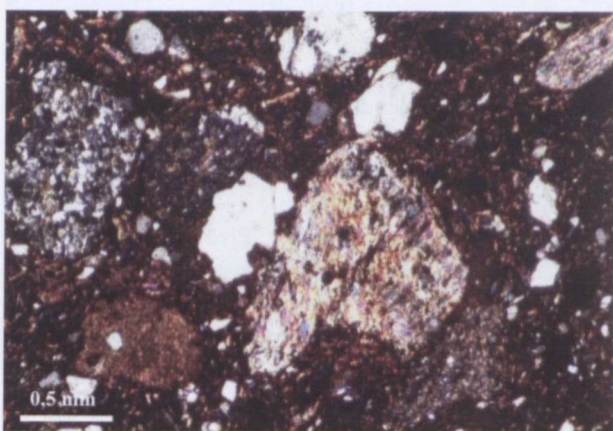
37 MAGGETTI 1982.



17. kép Szériális szövetű neolitikus kerámia (Körös kultúra, Szarvas) [+ Nikol]



19. kép Hiátusos szövetű, neolitikus kerámia jól koptatott törmelék szemcsékkel (Zseliz kultúra, Szécsény) [+ Nikol]



18. kép Hiátusos szövetű, polimikt törmelékanyagú bronzkori kerámia (Felsővadász) [+ Nikol]

A brit szigeteken végzett nagyszámú őskori kerámiára vonatkozó petrográfiai vizsgálati eredmény áttekintése azt mutatta, hogy a korabeli fazekasok a megfelelő soványító anyagot átlagosan nagyobb távolságról szerezték be, mint az agyagot. Ez azt jelenti, hogy a korabeli fazekasok a soványító anyag minőségének gyakran nagyobb jelentőséget tulajdonítottak, mint magának az agyagnak.³⁸

5.2. Szöveti vizsgálatok

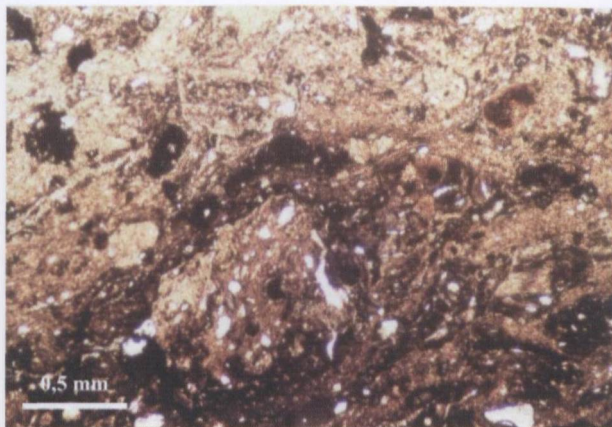
A kerámiák petrográfiai mikroszkópos vizsgálatának másik célja a kerámiák alkotóinak elrendeződését, méretét, kapcsolódását, a nagyon finomszemcsés anyag mikroszkópban észlelhető jellegzetességeit (pl. irányítottságát, inhomogenitását, a nagyon kicsi, mikron nagyságrendű elegyrészek mennyiségét, elrendeződését)

átfogó vizsgálatok elvégzése, amit összefoglalóan a kerámiák szöveti vizsgálatának hívunk. Ezzel a kerámiakészítés körülményeinek bizonyos mozzanataira következtethetünk, vagyis a technológiára kapunk információkat. A szöveti vizsgálatok során elvégzendő megfigyeléseket egy korábbi munkában mutattuk be,³⁹ ezért annak részletezésére nem térek ki.

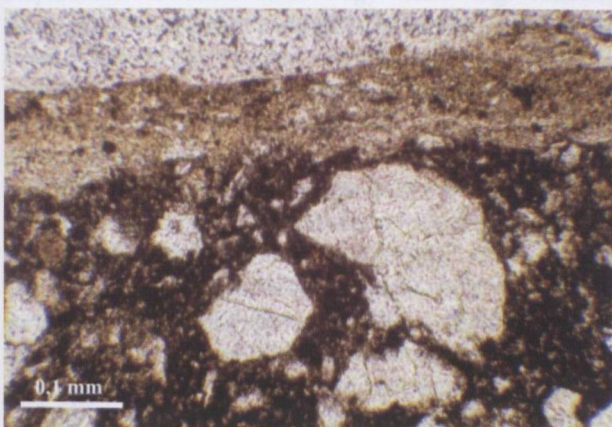
A vizsgálatok során az egyik legfontosabb megfigyelni, hogy a törmelék szemcsék szemcseméret eloszlása alapján a kerámia szériális vagy hiátusos jellegű-e. A szériális szövet esetén a törmelék szemcsék szemcsemérete folyamatosan változik a legkisebb szemcsétől a legnagyobbig, vagyis egy maximumos eloszlású, és az esetek többségében osztályozatlan, esetleg gyengén-közepesen osztályozott [17. kép]. A jól osztályozott szériális eloszlás – vagyis amikor a szemcseméret-tartomány szűk – ritka. Nagyon finomszemcsés, jól osztályozott törmelékanyag a kerámia nyersanyagának izapolással történő előkészítésére utalhat. A hiátusos eloszlás esetében egy vagy több szemcseméret-tartományban nem, vagy csak alig fordulnak elő szemcsék, a szemcseméret eloszlás két vagy több maximumos [18. kép]. A szériális szövettípusú kerámiák esetében szándékos soványításról nem beszélhetünk, a fazekas feltehetően a természetes agyagos üledékekből közvetlenül, esetleg több agyagfajtából összekeverve alakította ki a kerámia nyersanyagát. A hiátusos szövet általában szándékos soványításra utal, de nem minden esetben, ugyanis egyes természetes eredetű üledékek (pl. folyóvízi üledékek) önmagukban is lehetnek hiátusosak. Hiátusos, koptatott, nagyméretű szemcséket tartalmazó kerámiák esetében valószínűsíthető, hogy homokkal soványították a nyersanyagot [19. kép]. Nagyméretű,

38 MORRIS–WOODWARD 2003.

39 SZAKMÁNY 1998.



20. kép Agyagkeverésre utaló inhomogén szövetű neolitikus kerámia (Bükk kultúra, Felsővadász) [1 Nikol]

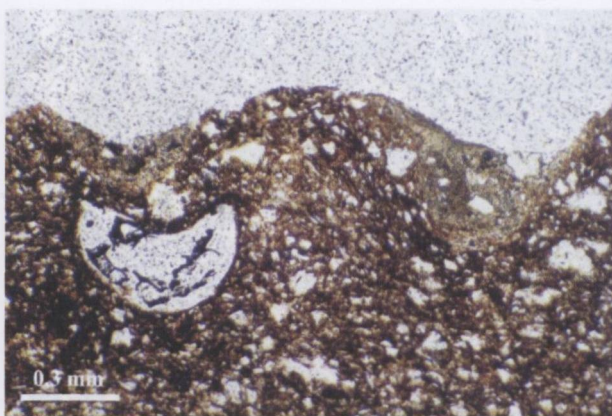


21. kép Finomszemcsés, iszapolt agyagból álló szegély neolitikus kerámiában (Bükk kultúra, Felsővadász) [1 Nikol]

szilánkos, nem koptatott szemcsék jelenléte inkább szándékosan összetört közettörmelékek soványító anyagként való felhasználását jelezheti.

A szöveti vizsgálatok során sok esetben választ kaphatunk a kerámia készítésre abból a szempontból is, hogy maroktechnikás, ütögetéssel, laptechnikás, szalagos, hurkás, lassú vagy gyorskorongos eljárást alkalmazott-e a fazekas munkája során. Ez utóbbi esetben ugyanis a szövetben sokkal határozottabban kialakul az irányított szövet, mint a szalagos-hurkás felépítés, illetve lassú korongolás során.

Azokban az esetekben, amikor a fazekas többféle agyagot kevert össze, és az így kapott masszát nem homogenizálta teljesen, ez a petrográfiai mikroszkópos vizsgálatok során az alapanyag jelentős inhomogenitásában tükröződik [20. kép].



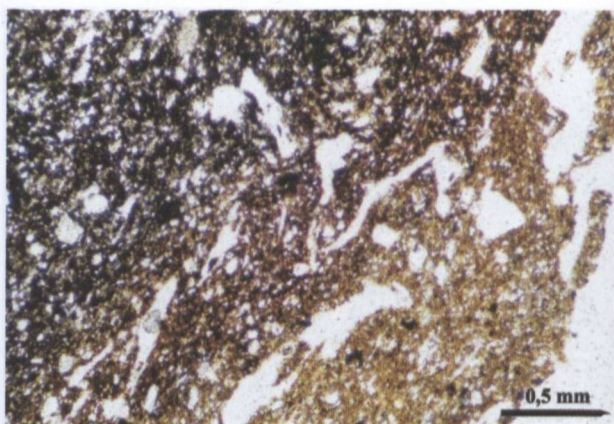
22. kép Karbonátos, finomszemcsés bevonat a bekarcolásokban, neolitikus kerámiában (Bükk kultúra, Felsővadász) [1 Nikol]

5.3. Szegély

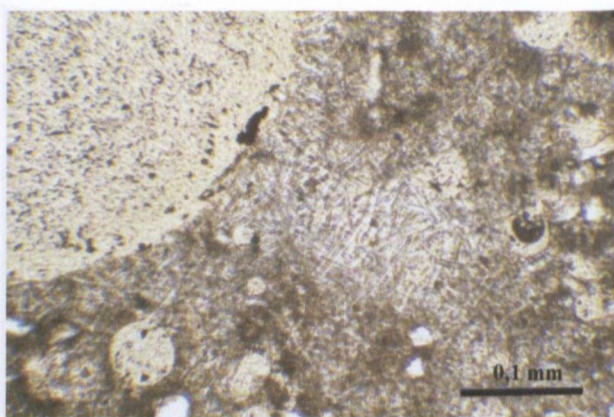
A kerámiákon már szabad szemmel is gyakran megfigyelhetünk változatos megjelenésű szegélyeket. Ezek mikroszkópos vizsgálata alapján megállapítható, hogy szándékosan alakították-e ki, esetleg a kerámiától többé-kevésbé eltérő összetételű anyagból (máz, szlip), vagy a szegély az égetés-hőntartás során változó oxidációs-redukciós viszonyok következtében alakult ki. A 21. képen a formázás után, de még a kiégetés előtt rákent, a kerámia anyagához hasonló, de attól sokkal finomabb szemcsés, iszapolt anyagból álló szegélyt láthatunk (szlip). A 22. képen látható kerámia esetében a bekarcolásokban finomszemcsés, karbonátgazdag anyagot használt a fazekas. Ugyancsak ehhez hasonló a késő rézkori (Kostolac kultúra) és kora bronzkori (Kisapostag kultúra) mészbetétes kerámiák fehér bevonata is, amelyekhez a vizsgálatok alapján karbonátos anyagot vagy csonttörleményt használtak.⁴⁰ A fent felsorolt esetekben a szegély mikroszkóp alatt is láthatóan éles vonallal határolódik el a kerámiák belső részének anyagától.

A szegélyeknek egy másik csoportját alkotja, ahol a szegély és a kerámia belső részének összetétele azonos és a szegély csak színében különbözik a belső részeztől. Ebben az esetben a szegélyt a kiégetés-hőntartás időben változó körülményeiben kereshetjük, a leggyakoribb, amikor a redukzív közegben végzett kiégetés végén vagy a hőntartás során, vagyis még magas hőmérsékleten, a kerámia oxidatív körülmények közé kerül. Ekkor az alapanyagban levő finom eloszlású 2 értékű vas feloxidálódik, vagyis 3 értékűvé válik, és ezáltal fokozatos

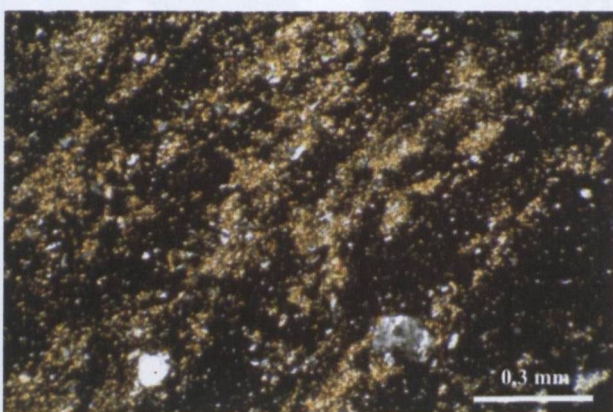
40 GHERDÁN ET AL. 2005.



23. kép A kiégetés és hűtőtartás során az oxidációs-redukációs viszonyok változása miatt kialakuló szegély mikroszkópi képe, neolitikus kerámiában (Körös kultúra, Szarvas) [1 Nikol]



25. kép Nagy hőmérsékleten megolvadt és gyorsan kikristályosodott neolitikus kerámia, amit a hólyagüregek és a tűs vázkristályok jeleznek (Sopot-Bicske kultúra, Bicske) [1 Nikol]



24. kép Karbonátos anyagú utólagos átítatódás római kori mécsesben (Szőny) [+ Nikol]

átmenettel a fekete-szürkésbarna szín téglavörösbe vagy sárgászörösbe, esetleg barnászörösbe vált át. A fokozatos átmenet mikroszkóp alatt jól nyomon követhető [23. kép].

A mázas kerámiák összetétele, készítéstechnikája annyira sokrétű, hogy azok tárgyalása külön tanulmányt érdemelne, ezért azzal ebben a munkában nem foglalkozunk.

5.4. Utólagos átalakulás használat, betemetődés során

A kerámiák használata közben vagy az elhasználódás (legtöbbször törés) után, a néhány száz vagy ezer éves betemetődés során történt utólagos átalakulások szintén jól vizsgálhatók petrográfiai mikroszkóp alatt. Ez különösen akkor fontos, ha a kerámiákból kémiai elemzések is készülnek, elsősorban a nyersanyag származási helyének megállapítása céljából, vagy ha a kerámiákat kémiai összetételük alapján kívánjuk

egymással összehasonlítani, csoportosítani. A kerámiákat ért utólagos átalakulások ugyanis jelentősen megváltoztathatják a kémiai és az ásványos összetételt, és ez helytelen következtetések levonására vezethet. A másodlagos átalakulások általában a porózus kerámiák átítatásában, illetve a pórusok kitöltésében, nyilvánul meg [24. kép], de ez a két folyamat gyakran együtt is előfordul. A leggyakoribb másodlagos jelenségek a karbonátos vagy agyagásványos kiválások. Miután ezek általában nagyon finom szemcseméretben jelennek meg, a másodlagosan átalakult kerámiák esetében a röntgen-pordiffrakciós vizsgálatok segítenek pontosan meghatározni az újonnan kialakult fázisokat. Itt kell megjegyezni, hogy ha kerámiákon csak és kizárólag röntgen-pordiffrakciós vizsgálatokat végzünk, a másodlagos ásványok jelenléte a kiégetési hőmérsékletek értelmezésében problémát okozhat, ugyanis egyes magas hőmérsékleten kiégetett kerámiák esetében (amelyekben az agyagásvány és a karbonát is teljesen lebomlott és átalakult) másodlagosan ismételtelen megjelenhetnek ezek a fázisok, és ha a röntgendiffrakciós vizsgálatokat nem egészíti ki petrográfiai elemzés, amely megmutatja, hogy ezek az ásványok elsődlegesek vagy utólagosak, akkor a kiégetési hőmérsékletek becslésében akár több száz fokok tévedés is előfordulhat.

Részben az utólagos hatásokhoz tartozik, ha egy kerámia a használata közben, utólagosan tűzvész következtében, esetleg még korábban (pl. a kiégetés során) túl nagy hőmérséklet éri, és ennek következtében részlegesen vagy teljesen megolvad. Ebben az esetben hólyagok alakulhatnak ki, illetve a megolvadás után történt gyors lehűlés miatt vékony, tűs kristályokból álló vázkristályos szövet alakulhat ki [25. kép]. A jelenséget SEM, valamint elektronmikroszkóp segítségével vizsgálhatjuk részletesebben.⁴¹

41 Lásd SZILÁGYI 2013a; SZILÁGYI 2013b, ebben a kötetben.

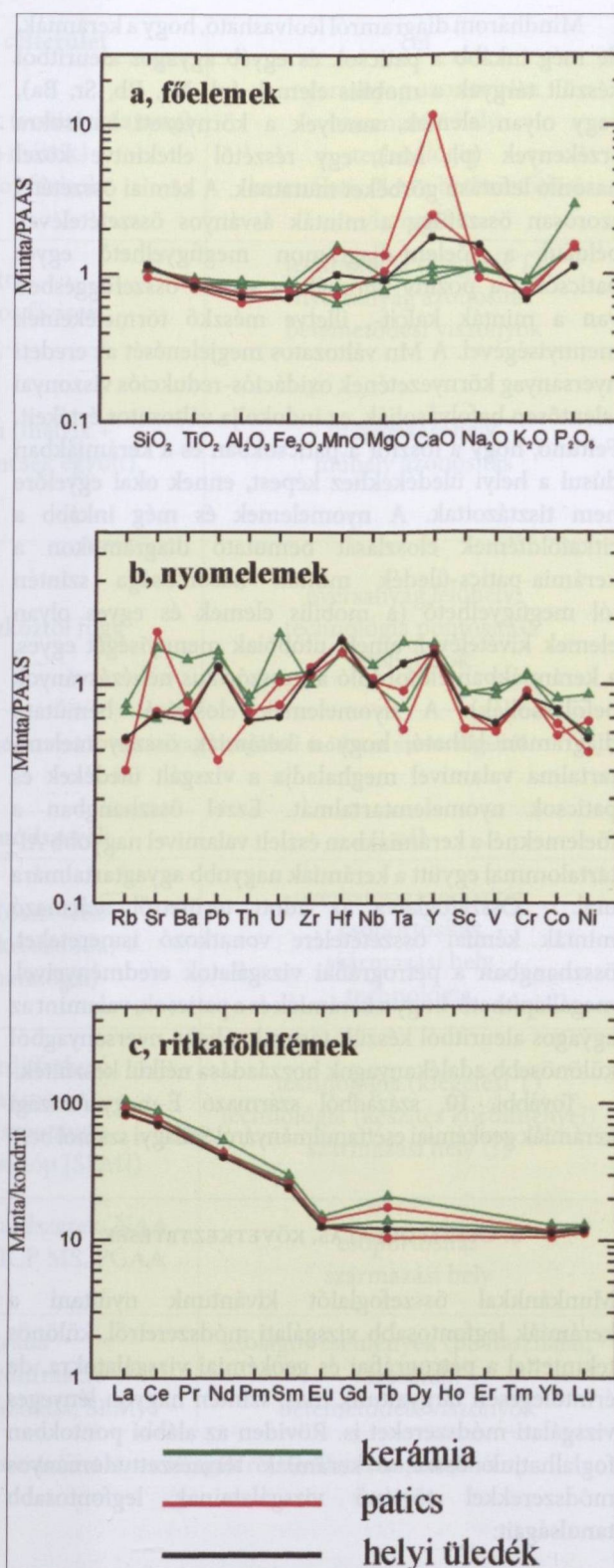
5.5. Konkrét geokémiai alkalmazás

A kémiai elemzésekből kapott adatok elsősorban a petrográfiai vizsgálatok eredményeit egészíthetik ki, illetve pontosíthatják azokat.

Kerámiák geokémiai vizsgálata során – hasonlóan a törmelékes-agyagos üledékes kőzetekből kapott adatokhoz – megkülönböztetünk fő-, valamint nyomelemeket, illetve jelentőségüknél fogva külön tárgyaljuk a ritkaföldfémeket. A kőzetkémiai gyakorlatban a főelemeket oxidos formában, a nyomelemeket és a ritkaföldfémeket ppm-ben (gramm/tonna) értékekben adják meg. A nyersanyag azonosításához, a kerámialelet-együttes típuspéldányainak csoportosításához a főelemeken kívül elsősorban a nem mobilis (utólagos folyamatok hatására nem vagy csak alig változó) nyomelemek, valamint a ritkaföldfémek használhatók.

Az alábbi, Szarvas és Endrőd területéről származó neolitikus példán azt szeretném bemutatni, hogy a geokémiai elemzések mennyire hasznosak, ha azokat nem csak a kerámiákra, hanem a lelőhelyen fellelt paticsokra és egyéb agyagos képződményekre, valamint a környezetben előforduló, kerámia-nyersanyagként hasznosítható üledékekre is kiterjesztjük.

A Körös kultúra fent említett területén a kerámiák, paticsok és egyéb, agyagos aleuritból készült tárgyak (pl. „hálósúlyok”), valamint a helyi üledékből vett reprezentatív minták geokémiai összehasonlítását végeztük el. A kémiai elemzések egyrészt a Tübingeni Egyetem Geokémiai Tanszékén készültek XRF módszerrel, másrészt az ACME Analitikai Laboratóriumban Vancouverben, NAA módszerrel. Az eredményeket a fő- és nyomelemek esetében a finomtörmelékes-agyagos üledékek esetében általánosan használt referenciaértékekre, a PAAS-re (*Post Archean Australian Shale*) normálva sokelemes diagramon mutatom be, míg a ritkaföldfémeket egy másik, általánosan használt referenciaértékre, kondritra normálva ábrázoltam [26. kép]. A kőzetek geokémiai gyakorlatában használt úgynevezett sokelemes diagramok előnye, hogy ezek segítségével több elem viselkedése együtt vizsgálható a mintasorozatban, vagyis nagyobb áttekintést kaphatunk a minta geokémiai jellegzetességeiről, és az egyes minták hasonlóságai és különbségei is együttesen vizsgálhatók. Az egyes diagramok részletes elemzésétől ebben a munkában eltekintek, az egy közelmúltban megjelent munkában részletesen olvasható.⁴² Itt csak a diagramokból levonható legfontosabb következtetéseket tárgyalom.



26. kép Kerámia, patics és helyi üledék kémiai összetételének összehasonlítása (Endrőd-39 lelőhely, neolitikum, Körös kultúra)

42 STARNINI ET AL. 2007.

Mindhárom diagramról leolvasható, hogy a kerámiák, de még inkább a paticsök és egyéb agyagos aleuritből készült tárgyak a mobilis elemek (pl. Na, Rb, Sr, Ba), vagy olyan elemek, amelyek a környezeti hatásokra érzékenyek (pl. Mn), egy részétől eltekintve közel hasonló lefutású görbéket mutatnak. A kémiai összetétel szorosan összefügg a minták ásványos összetételével, például a főelem-diagramon megfigyelhető egyes paticsök Ca pozitív anomáliája szoros összefüggésben van a minták kalcit-, illetve mészkő törmelékeinek mennyiségével. A Mn változatos megjelenését az eredeti nyersanyag környezetének oxidációs-redukációs viszonyai jelentősen befolyásolják, ez indokolja változatos értékeit. Feltűnő, hogy a foszfor a paticsökben és a kerámiákban dúsul a helyi üledékekhez képest, ennek okai egyelőre nem tisztázottak. A nyomelemek és még inkább a ritkaföldfémek eloszlását bemutató diagramokon a kerámia-patics-üledék minták hasonlósága szintén jól megfigyelhető (a mobilis elemek és egyes olyan elemek kivételével, amely utóbbiak mennyiségét egyes, a kerámiákban előforduló akcesszórius nehézasványok befolyásolják). A nyomelemek eloszlását bemutató diagramon látható, hogy a kerámiák össznyomelem-tartalma valamivel meghaladja a vizsgált üledékek és paticsök nyomelemtartalmát. Ezzel összhangban a főelemeknél a kerámiákban észlelt valamivel nagyobb Al-tartalommal együtt a kerámiák nagyobb agyagtartalmára utal. Összefoglalva az adott területről származó minták kémiai összetételére vonatkozó ismereteket, összhangban a petrográfiai vizsgálatok eredményeivel, megállapítható, hogy a kerámiák és a paticsök, valamint az agyagos aleuritből készült tárgyak a helyi nyersanyagból különösebb adalékanyagok hozzáadása nélkül készültek.

További, 10. századból származó É-magyarországi kerámiák geokémiai esettanulmányáról Szilágyi számol be.⁴³

6. ÖSSZEFOGLALÁS, KÖVETKEZTETÉSEK

Munkánkkal összefoglalót kívántunk nyújtani a kerámiák legfontosabb vizsgálati módszereiről, különös tekintettel a petrográfiai és geokémiai vizsgálatokra, de érintőlegesen tárgyaltunk más, szintén nagyon lényeges vizsgálati módszereket is. Röviden az alábbi pontokban foglalhatjuk össze a kerámiák természettudományos módszerekkel történő vizsgálatának legfontosabb tanulságait:

1. A polarizációs mikroszkóppal történő (petrográfiai) vizsgálat és a röntgen-pordiffrakciós vizsgálat alapvető fontosságú a kerámiák archeometriai vizsgálata során.
2. A kémiai elemzések a fentiekén túlmenően, különösen összehasonlító anyagok (kemence anyaga, helyi agyagos üledék vagy talaj) vizsgálatával együtt további értékes információt szolgáltatnak.
3. A soványító anyag petrográfiai vizsgálata, továbbá a kémiai elemzések eredményei alapján egyrészt a nyersanyag eredetéről kapunk felvilágosítást, esetenként a nyersanyag származási helyét is azonosítani lehet. Másrészt nagyszámú kerámia vizsgálata során a kerámialeletek anyagi szempontból történő csoportosítása lehetséges. Harmadrészt elkülöníthetőek a helyben készült kerámiák és az idegen helyről származó nyersanyagú kerámiák.
4. A petrográfiai szöveti vizsgálatok és a röntgen-pordiffrakciós elemzések a kerámiakészítés technológiájához adnak információkat.
5. A petrográfiai vizsgálatok meghatározó jelentőségűek a további műszeres vizsgálatokhoz az anyag kiválasztásában, illetve jó alapot nyújtanak a műszeres vizsgálatokkal kapott adatok pontosabb értékeléséhez.
6. A pásztázó elektronmikroszkópos (SEM) és az elektron-mikroszondás vizsgálatok a petrográfiai vizsgálatok kiegészítésére, sok esetben a gyártástechnológiai folyamatok pontosítására, esetenként az utólagos hatások nyomon követésére szolgálnak.
7. A kémiai elemzések (fő- és nyomelemek, ritkaföldfémek) és az elektron-mikroszondás ásványkémiai elemzések a nyersanyagok eredetéről és a készítési technológiáról (pl. nyersanyagkeverés) nyújtanak információkat.
8. Megfelelően elvégzett nagyszámú, részletes feldolgozás esetén az adatok matematikai statisztikai módszerekkel is feldolgozhatóak.

Végezetül szeretném kiemelni, hogy a kerámiák archeometriai vizsgálata akkor lehet igazán sikeres, ha a munka kezdetétől, vagyis a kérdés feltevésétől a vizsgálatra szánt minták kijelölésén át a kapott adatok kiértékelésével bezárólag a régész és a természettudományos szakember folyamatosan konzultálva együtt dolgoznak.

43 SZILÁGYI 2013a; SZILÁGYI 2013b, ebben a kötetben.

anyagvizsgálati módszer	vizsgálati célterület	cél
petrográfia	törmelékszemcsék (soványítóanyag) szövet (+mátrix) másodlagos fázisok	nyersanyag azonosítása származási hely technológia használati, illetve betemetődési viszonyok
röntgen-pordiffrakció	mátrix másodlagos fázisok	technológia (kiégetés T) nyersanyag azonosítás betemetődési viszonyok
kémiai elemzések (fő- és nyomelemek, ritkaföldfémek) módszer: NAA, XRF, ICP-AES + ICP MS, PGAA	teljes minta (mátrix + törmelékszemcsék együtt)	származási hely műhely azonosítás
egyéb (elektron-mikroszkop, pásztázó [scanning] elektronmikroszkóp [SEM], mikromineralógia stb.)	vizsgálati eszköztől függ	nyersanyag lelőhely, technológia pontosítása utóhatások

1. táblázat A kerámiák legfontosabb anyagvizsgálati módszerei I. – az anyagvizsgálati módszer szemszögéből

vizsgált részterület	analitikai módszerek	cél
törmelékszemcsék (soványító anyag)	petrográfia (összetétel) (elektronmikroszkop) (mikromineralógia)	nyersanyagazonosítás csoportosítás származási hely technológia
mátrix	röntgen-pordiffrakció petrográfia (szövet) (pásztázó [scanning] elektronmikroszkóp [SEM])	technológia (kiégetési T) technológia (készítés körülményei) származási hely (?)
törmelékszemcsék + mátrix együtt	kémiai elemzés (módszerek: NAA, XRF, ICP-AES + ICP MS, PGAA stb.)	csoportosítás származási hely
másodlagos fázisok	petrográfia röntgen-pordiffrakció elektron-mikroszkop, SEM)	utólagos események (pl. használat, tűzesetek) betemetődési viszonyok

2. táblázat A kerámiák legfontosabb anyagvizsgálati módszerei II. – a vizsgált részterület szempontjából

- BAJNÓCZI et. al. 2005 = Bajnóczi B.–Tóth M.–Mersdorf Zs.: Kerámiák vizsgálata katódlumineszcens mikroszkóppal, zalavári – kora középkori – leletek példáján. *Archeometriai Műhely* 2005/2, 31–41. [http://www.ace.hu/am/2005_2/AM-2005-2-BB.pdf]
- BALLA 1981 = Balla M.: Római korú „terra sigillata” kerámiák vizsgálata korszerű anyagvizsgálati módszerekkel. [Kézirat – Szakdolgozat.] Budapest 1981.
- BOHN 1962 = Bohn P.: Római téglák vizsgálata. *ArchÉrt* 89 (1962), 250–253.
- BOHN 1964 = Bohn P.: Tabáni kelta leletanyag vizsgálata. *ArchÉrt* 91 (1964), 243–248.
- BONZON 2005 = Bonzon, J.: Study of the Bone Temper Used in Four Neolithic Ceramics of Arbon-Bleiche 3, Canton of Thurgau, Switzerland. [In: *Proceedings of the 33rd International Symposium on Archaeometry*, 22–26 April 2002, Amsterdam.] *Geoarchaeological and Bioarchaeological Studies* 3 (2005), 139–144.
- COURTY-ROUX 1995 = Courty, M. A.–Roux, V.: Identification of Wheel Throwing on the basis of Ceramic Surface Features and Microfabrics. *Journal of Archaeological Science* 22 (1995), 17–50.
- CULTRONE et. al. 2001 = Cultrone, G.–Rodríguez-Navarro, C.–Sebastian, E.–Cazalla, O.–de la Torre, M. J.: Carbonate and Silicate Phase Reactions during Ceramic Firing. *European Journal of Mineralogy* 13 (2001), 621–634.
- GHERDÁN 1999 = Gherdán K.: Északnyugat-magyarországi bronzkori és vaskori kerámiák archeometriai vizsgálata. [Kézirat – Szakdolgozat.] Budapest 1999.
- GHERDÁN 2009 = Gherdán, K.: 7000 év kerámiái – Vörs, Máriasszony-sziget őskori kerámialeleteinek archeometriai összehasonlító vizsgálata területi kitekintéssel. [Kézirat – Doktori értekezés.] Budapest 2009.
- GHERDÁN et al. 2002 = Gherdán, K.–Szakmány, Gy.–Weiszburg, T.–Ilon, G.: Petrological Investigation of Bronze and Iron Age Ceramics from West Hungary: Vaskeresztes, Velem, Sé, Gó. In: *Modern Trends in Scientific Studies on Ancient Ceramics*. Ed.: Kilikoglou, V.–Hein, A.–Maniatis, Y. [BAR International Series 1011.] Oxford 2002, 305–312.
- GHERDÁN et al. 2004 = Gherdán, K.–Bíró, K. T.–Szakmány, Gy.: Petrologic studies on Early Neolithic Pottery from Vörs, SW Hungary. *Acta Mineralogica-Petrographica* 45/2 (2004), 41–48.
- GHERDÁN et al. 2005 = Gherdán, K.–T. Bíró K.–Szakmány Gy.–Tóth M.–Gál-Sólymos K.: Analysis of incrustrated Pottery from Vörs, Southwest Hungary. [In: *Proceedings of the 7th European Meeting of Ancient Ceramics (EMAC’03)*, October 27–31 2003, Lisbon.] *Trabalhos de Arqueologia* 42 (2005), 103–108.
- HARANGI 2006 = Harangi D.: Rézkori kerámia leletek archeometriai vizsgálatának eredményei (Tiszalúc, Északkelet-Magyarország). [Kézirat – Szakdolgozat.] Budapest 2006.
- HEROLD 2002 = Herold, H.: Die Keramik der Randgebiete des Awarischen Khaganats unter besonderer Berücksichtigung der Siedlung und des Gräberfeldes von Zillingtal (Burgenland). [Kézirat – Doktori disszertáció.] Wien 2002.
- JÓZSA-SZAKMÁNY 1987 = Józsa, S.–Szakmány, Gy.: Petrology. In: *Roman Amphorae from the Amber Route in Western Pannonia*. Ed.: Bezaczkzy, T. [BAR International Series 386.] Oxford 1987, 103–124.
- JÓZSA et al. 1994 = Józsa, S.–Sauer, R.–Szakmány, Gy.–Weiszburg, T.: Mineralogisch petrografische Untersuchungen. [In: *Amphorenfunde vom Magdalensberg und aus Pannonien*. Hrsg.: Bezaczkzy, T. *Kärntner Museumsschriften* 74.] *Archäologische Forschungen zu den Grabungen auf dem Magdalensberg* 12 (1994), 143–195.
- KASZTOVSZKY et al. 2004 = Kasztovszky Zs.–Mackowiak de Antczak, M.–Antczak, A.–Millan, B.–Bermúdez, J.–Sajo-Bohus, L.: Provenance study of Amerindian pottery figurines with Prompt Gamma Activation Analysis. *Nukleonika* 49 (2004), 107–113.
- KOVÁCS 2005a = Kovács T.: Újkőkori paticskok archeometriai vizsgálata két dunántúli lelőhelyen. [Kézirat – Szakdolgozat.] Budapest 2005.
- KOVÁCS 2005b = Kovács T.: Paticskok: a kerámia és az üledék között. *Archeometriai Műhely* 2005/2, 24–30. [http://www.ace.hu/am/2005_2/AM-2005-2-KT.pdf]
- KREITER 2005 = Kreiter, A.: Technological Choices and Material Meanings: Analyses of Early and Middle Bronze Ages Ceramics from Hungary. [Kézirat – PhD disszertáció.] Southampton 2005.
- MAGGETTI 1982 = Maggetti, M.: Phase Analysis and Its Significance for Technology and Origin. In: *Archaeological Ceramics*. Ed.: Olin, J. S.–Franklin, A. D. Washington D. C. 1982, 121–133.
- MAGGETTI-SCHWAB 1982 = Maggetti, M.–Schwab, H.: Iron age fine pottery from Châtillon-S-Glâne and the Heuneburg. *Archaeometry* 24 (1982), 21–36.
- MANGE-BEZACZKY 2006 = Mange, M. A.–Bezaczkzy T.: Petrography and Provenance of Laecanius Amphorae from Istria, Northern Adriatic Region, Croatia. *Geoarchaeology: An International Journal* 21 (2006), 429–460.

- MANGE-BEZECZKY 2007 = Mange, M. A.–Bezeczky, T.: The provenance of paste and temper in Roman Amphorae from the Istrian Peninsula, Croatia. [In: Heavy minerals in use. Ed.: Mange, M. A.–Wright, D. T.] *Developments in Sedimentology* 58 (2007), 1007–1033.
- MOMMSEN 2001 = Mommsen, H.: Provenance determination of pottery by trace element analysis: Problems, solutions and applications. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 247 (2001), 657–662.
- MORRIS-WOODWARD 2003 = Morris, E. L.–Woodward, A.: Ceramic Petrology and Prehistoric Pottery in UK. *Proceedings of the Prehistory Society* 69 (2003), 279–303.
- NYÁRY 1881 = Nyáry J.: Az aggteleki barlang mint őskori temető. Budapest 1881.
- SAUER 1997 = Sauer, R.: Naturwissenschaftliche Untersuchungen an Keramikproben aus dem Töpferofen im Auxiliarkastell Petronell. In: *Das Auxiliarkastell von Carnuntum I, Forschungen 1977–1988*. Ed.: Stiglitz, H. Wien 1997, 245–268.
- STARNINI-SZAKMÁNY 2008 = Starnini, E.–Szakmány, Gy.: Studio archeometrico comparativo di manufatti non vascolari in argilla cotta e di contenitori ceramici del neolitico antico ungherese. — A comparative archaeometric study of non ceramic clay artefacts and pottery of the Early Neolithic of Hungary. In: *Materiali argillosi non vascolari: un'occasione in più per l'archeologia. Atti della 9ª Giornata di Archeometria della Ceramica, Pordenone, 18–19 aprile 2005*. Ed.: Fabbri, B.–Gualtieri, S.–Rigoni, N. Lithostampa 2008, 51–60.
- STARNINI-SZAKMÁNY 2009 = Starnini, E.–Szakmány, Gy.: Besides vessels: investigating Early Neolithic fired clay artefacts from Hungary. In: *Vessels: inside and outside. Proceedings of the Conference EMAC '07, 9th European Meeting on Ancient Ceramics, 24–27 October*. Ed.: T. Bíró K.–Szilágyi V.–Kreiter A. Budapest 2009, 165–172.
- STARNINI ET AL. 2007 = Starnini, E.–Szakmány Gy.–Madella, M.: Archaeometry of the first pottery production in the Carpathian Basin: results from two years of research. In: *Proceedings of Atti del IV Congresso Nazionale AIAR Pisa, 1–3 Febbraio 2006*. Patron Editore, Bologna 2007, 401–411.
- SZAKMÁNY 1996 = Szakmány, Gy.: Petrographical investigation in thin section of some potsherds. In: *Excavations at Bicske-Galagonyás. Part III. The Notenkopf and Sopot-Bicske cultural phases*. Ed.: Makkay, M.–Starnini, E.–Tulok M. [Società per la Preistoria e Protostoria della Regione Friuli-Venezia Giulia, Quaderno 6.] Trieste 1996, 143–150.
- SZAKMÁNY 1998 = Szakmány, Gy.: Insight into the manufacturing technology and the workshops: evidence from petrographic study of ancient ceramics. *Archaeometrical Research in Hungary* 2 (1998), 77–83.
- SZAKMÁNY 2001 = Szakmány Gy.: Felsővadász-Várdomb neolitikus és bronzkori kerámiatípusainak petrográfiai vizsgálata. *HOMÉ* 40 (2001), 107–125.
- SZAKMÁNY 2008 = Szakmány Gy.: Kerámia nyersanyagok, kerámiák a mai Magyarország területén a neolitikumtól a XVIII. század végéig. In: *Az ásványok és az ember a mai Magyarország területén a XVIII. század végéig. Fókuszban az ásványi anyag*. Szerk.: Szakáll S. [Miskolci Egyetem Közleményei A sorozat, Bányászat 74.] Miskolc 2008, 49–90.
- SZAKMÁNY 2010 = Szakmány Gy.: Petrographic studies of Pottery from Szécsény-Ültetés (Zseliz culture, Middle Neolithic). *Antaeus* 31–32 (2010) 297–302.
- SZAKMÁNY-KUSTÁR 2000 = Szakmány, Gy.–Kustár, R.: Untersuchung von Keramikproben aus dem spätbronzezeitlichen Hügel von Isztimér-Csőszpuszta. *Alba Regia. Annales Musei Stephani Regis* 29 (2000), 55–60.
- SZAKMÁNY ET AL. 2004 = Szakmány Gy.–Gherdán K.–Starnini, E.: Kora neolitikus kerámiakészítés Magyarországon: a Körös és a Starčevo kultúra kerámiáinak összehasonlító archeometriai vizsgálata. *Archeometriai Műhely* 2004/1, 28–31. [http://www.ace.hu/am/2004_1/AM-2004-SZGY.pdf]
- SZAKMÁNY et al. 2005 = Szakmány Gy.–Starnini, E.–Raucsik, B.: Preliminary Archaeometric Investigation of Early-Neolithic Pottery of the Körös Culture (Hungary). [In: *Proceedings of the 33rd International Symposium on Archaeometry, 22–26 April 2002, Amsterdam*.] *Geoarchaeological and Bioarchaeological Studies* 3 (2005), 269–272.
- SZAKMÁNY-STARNINI 2007 = Szakmány, Gy.–Starnini, E.: Archaeometric research on the first pottery production in the Carpathian Basin: manufacturing traditions of the Early Neolithic, Körös Culture ceramics. *Archeometriai Műhely* 2007/4, 5–19. [http://www.ace.hu/am/2007_2/AM-2007-02-SZGY.pdf]
- SZILÁGYI 2004 = Szilágyi V.: Egy 10. századi település kerámia leletegyüttesének archeometriai vizsgálata, Edelény Északkelet-Magyarország. [Kézirat – Szakdolgozat.] Budapest 2004.
- SZILÁGYI et al. 2004 = Szilágyi V.–Szakmány Gy.–Wolf M.–Weiszbürg T.: 10. századi kerámiák archeometriai vizsgálata. Edelény, Északkelet-Magyarország. *Archeometriai Műhely* 2004/1, 34–39. [http://www.ace.hu/am/2004_1/AM-2004-SZV.pdf]
- SZILÁGYI 2013a = Szilágyi, V.: Honfoglalás- és

- Árpád-kori kerámiák anyagvizsgálata Északkelet-Magyarországról I. (Borsod, Karos). In: Révész L.–Wolf M. (szerk.): A honfoglaláskor kutatásának legújabb eredményeiről. Tanulmányok Kovács László 70. születésnapjára. *MonSzTERT* 3 (2013) 799–816.
- SZILÁGYI 2013b = Szilágyi, V.: Honfoglalás- és Árpád-kori kerámiák anyagvizsgálata Északkelet-Magyarországról II. (Mezőkeresztes, Hejőkürt, Felsőzsolca, Karos). In: Révész L.–Wolf M. (szerk.): A honfoglaláskor kutatásának legújabb eredményeiről. Tanulmányok Kovács László 70. születésnapjára. *MonSzTERT* 3 (2013) 839–860.
- TAUBALD–T. BÍRÓ 2005 = Taubald, H.–T. Bíró, K.: Archaeometrical analysis of Neolithic pottery and comparison to potential sources of raw materials in their immediate environment”. Application of new analytical, non-destructive X-ray techniques and Sr isotope measurements. *Archeometriai Műhely* 2005/2, 1–4. [http://www.ace.hu/am/2005_2/AM-2005-2-HT.pdf]
- WHITBREAD 1986 = Whitbread, I. K.: The characterisation of argillaceous inclusions in ceramic thin sections. *Archaeometry* 28 (1986), 79–88.
- WEISZBURG–PAPP 1987 = Weiszbürg, T.–Papp, G.: X-ray powder diffraction analyses. In: *Roman Amphorae from the Amber Route in Western Pannonia*. Ed. Bezecsky, T. [BAR International Series 386.] Oxford 1987, 128–133.

SUMMARY

Ceramics are artificial metamorphic (metasedimentary) rocks. Fundamentally they consist of plastic clay and non-plastic clasts, which had been fired at medium-high temperature during production. The samples were subject to scientific research carried out with mineralogical, petrographic and geochemical methods, which provide us information about the raw material and the production technology

Petrographic description with polarization microscope is the basis for the study. It can help us define the non plastic clasts (temper material), characterize the structural features of the ceramics. All these inform us of the site of production, the manufacturing technology and the rim and glaze of ceramics, too. Petrographic analysis offers information about the use of pottery and the secondary phases which form during the use and the time of the burial. The results of X-ray powder diffraction gives us details regarding the fine-grained

raw material and the firing temperature. Data from chemical analysis may mainly complement and clarify the result of petrographic research. We may receive information about the origin of the raw material of the ceramics if we know well the geology of the site. We also need to perform a comparative study of the clayey sediment which might be regarded as the raw material found near the site or examine the material of the kiln available. Ceramics can be categorized based on the type of raw material and the production technology. Further categories are the following: ceramics made of local and non-local (imported) raw material. The scanning electronmicroscopic and electron-microprobe analysis (EPMA) may well complete the result of basic studies. Archaeometrical investigation of the ceramics is very successful if an anthropologist or a scientific expert select the samples for the scientific researches and they evaluate the results of them.